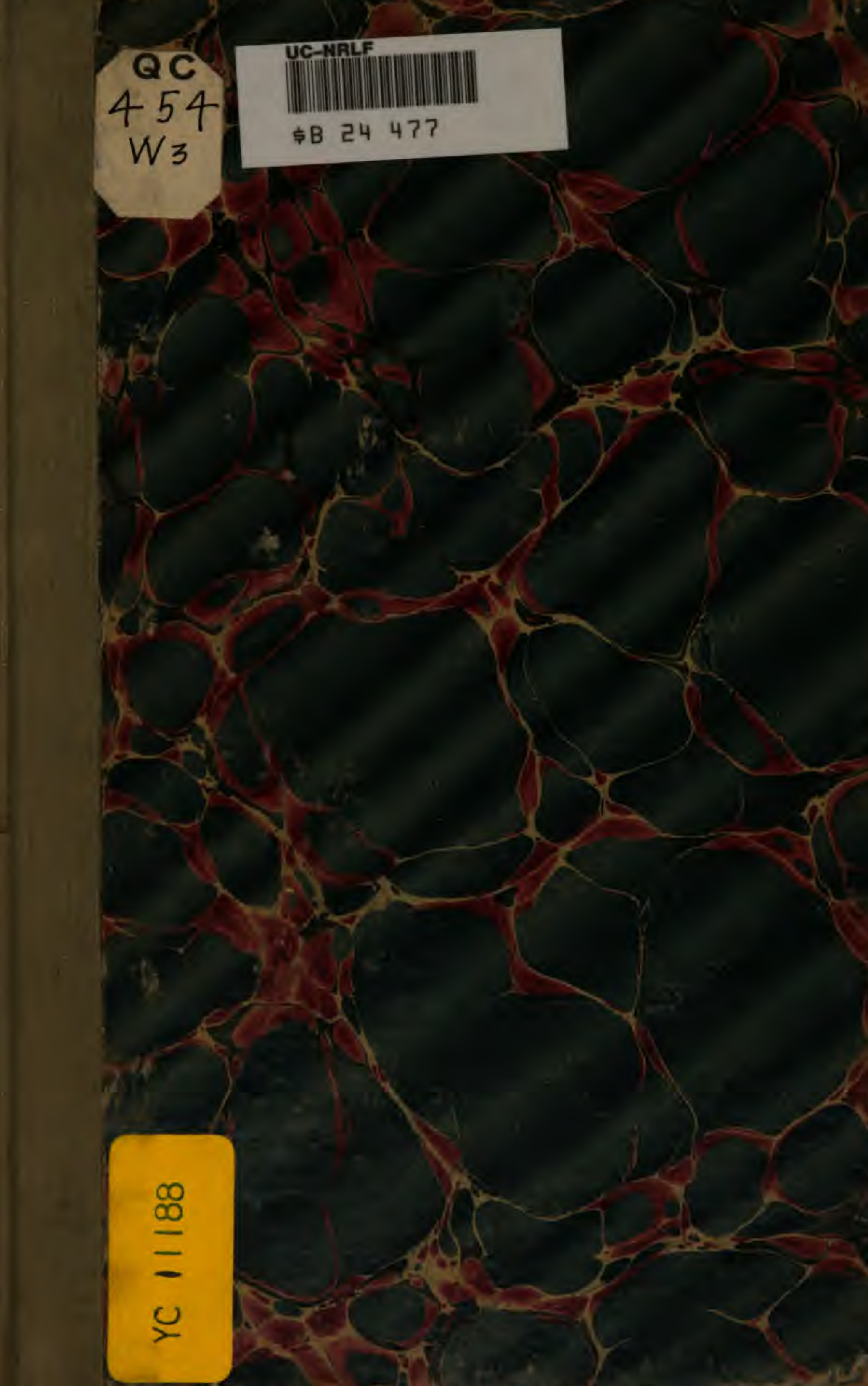
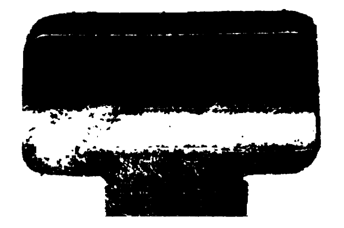
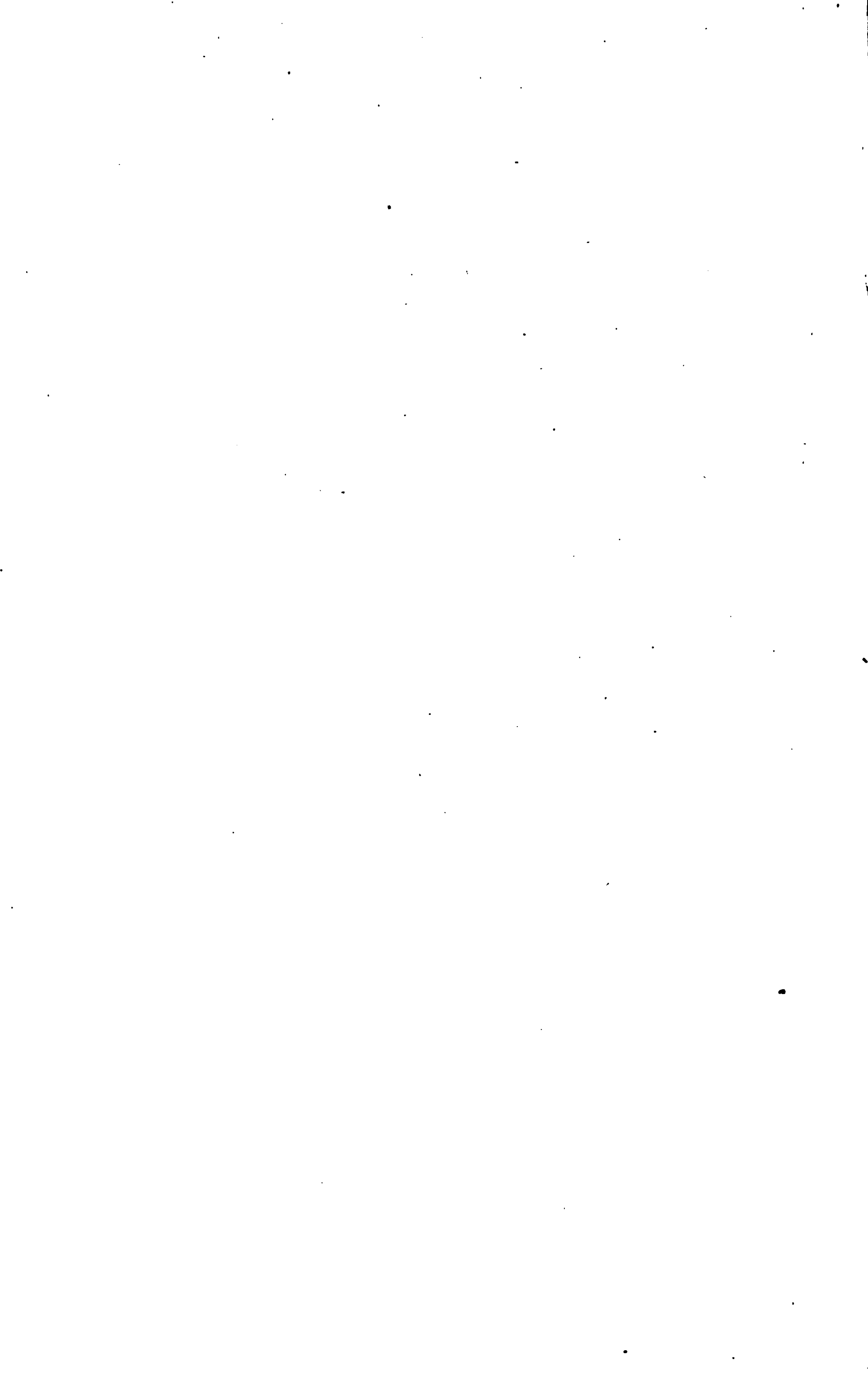
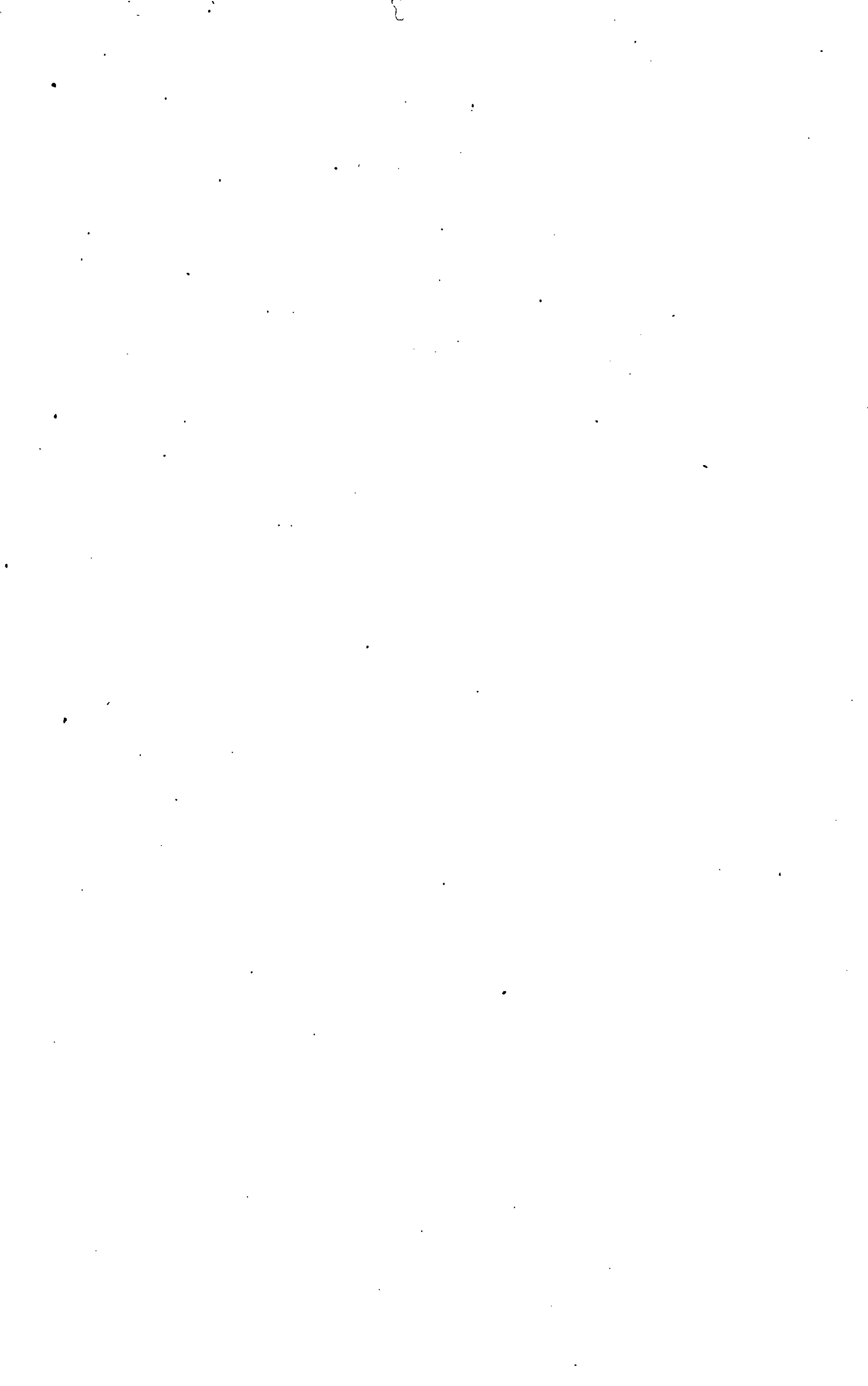








Über die Intensitätsverhältnisse der Spektra von Gasgemischen.

Inaugural-Dissertation,

welche

nebst den beigefügten Thesen

mit Genehmigung der hohen

philosophischen Fakultät der Königl. Universität Breslau

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

Montag, den 18. April 1904, vormittags 11 Uhr

in der Aula Leopoldina

öffentlich verteidigen wird

Erich Waetzmann.

Opponenten:

Herr Drd. phil. **Kurt Burath,**

Herr cand. math. **Otto Toeplitz.**

Breslau
Buchdruckerei H. Fleischmann
1904.

Meinen Eltern

Die Untersuchungen über die Intensitätsverhältnisse der Gasspektra hatten bis vor kurzer Zeit zu keinem bestimmten Ergebnis geführt, obwohl schon eine grosse Zahl von Arbeiten auf diesem Gebiete vorlag. Es liegt dies daran, dass die Vorgänge bei elektrischen Entladungen in Gasen äusserst kompliziert sind und von den verschiedensten Faktoren in verschiedener Weise stark beeinflusst werden; deshalb können Gesetze, die ohne Berücksichtigung auch nur eines dieser Faktoren aufgestellt werden, auf allgemeine Giltigkeit keinen Anspruch erheben. Da es nun aber mit grossen Schwierigkeiten verknüpft ist, Versuchsbedingungen herzustellen, die eine genaue Beobachtung und Messung aller dieser Grössen gestatten, so gelang es in den meisten Fällen nur, qualitativ annähernd genaue Resultate zu erzielen, nicht aber quantitativ bestimmte Angaben zu machen.

Was die reinen Gase anbetrifft, so sind die Untersuchungen über diese jetzt insofern zu einem gewissen Abschlusse gelangt, als sie in den Hauptfragen zu übereinstimmenden Ergebnissen geführt haben. Es ist dies geschehen durch eine Arbeit von Ferry[1]) und eine neuere von Dr. Berndt[2]), der genaue quantitative Messungen an

---

[1]) E. Ferry, Phys. Rev. 7, S. 1—9. 1898.

[2]) G. Berndt, Abh. d. Naturf. Ges. zu Halle 26. 1903. Auszug: Ann d. Phys. (IV) 12, S. 1101—1114. 1903. Die Resultate dieser Arbeit liegen der vorliegenden zu Grunde.

Stickstoff und Wasserstoff unter Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Faktoren anstellte und zwar bei grösstmöglicher Reinheit der Gase, was äusserst wichtig ist. Im allgemeinen bestätigt er die von Ferry gefundenen Gesetzmässigkeiten und ferner vervollständigt er dessen Angaben noch. Er weist auch auf die grosse Wichtigkeit dieser Untersuchungen hin, und ich möchte noch einmal besonders den Nutzen, den die Astrophysik aus den Untersuchungen der Vorgänge in Gemischen von Gasen zieht, hervorheben. Wenn die Intensitätsverhältnisse der Spektra von Gasgemischen genau bekannt sind, so kann man, ohne dass eine Linie eines bestimmten Gases in dem Spektrum eines Gestirns vorhanden ist, aus der Betrachtung der relativen Intensitäten der sichtbaren Teile des Spektrums doch auf das Vorhandensein anderer Gase schliessen. Hierbei kommt besonders der Umstand in Betracht, dass ein Zusatz der gleichen Menge eines Gases zu anderen Gasen auf die Intensität der Spektrallinien derselben einen verschiedenen Einfluss ausübt. Aus der umgekehrten Tatsache, dass ein Zusatz von gleichen Mengen verschiedener Gase zu einem anderen die Intensität von dessen Spektrallinien nicht in gleich starker Weise schwächt, wird man sogar Rückschlüsse von grosser Wahrscheinlichkeit auf die Art des betreffenden verunreinigenden Gases ziehen können, allerdings erst dann, wenn genaue quantitative Messungen an den Gemischen aller dabei in Betracht kommenden Gase vorliegen. Ebenso wird die experimentelle und noch mehr freilich die darauf gegegründete theoretische Erforschung der elektrischen Erscheinungen in Gasen neue Aussichten für die Erklärung der elektrischen Teile der Geophysik, insonderheit des Polarlichtes, eröffnen [1]).

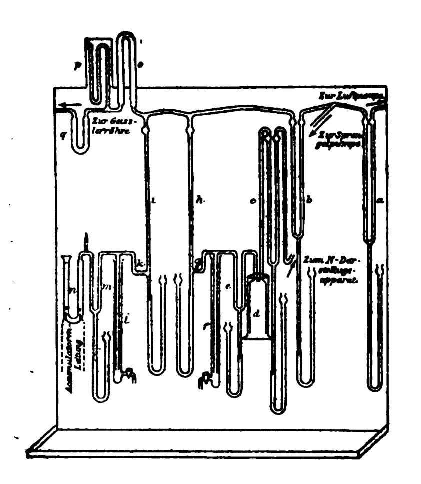
---

[1]) cfr. J. Stark, „Die Elektrizität in Gasen". Diesem Buch und der Arbeit von G. Berndt (l. c.) sind die Ionen-theoretischen Erörterungen der vorliegenden Arbeit entnommen

Auf die Anregung von Herrn Privatdozent Dr. Berndt hin versuchte ich es nun, die Intensitätsverhältnisse des Spektrums eines Gemisches von Stickstoff und Wasserstoff genau quantitav zu bestimmen und zwar bei verschiedener Zusammensetzung des Gemisches, verschiedenem Druck und verschiedener Stromstärke; nicht variiert wurde dagegen die Temperatur, da von Herrn Dr. Berndt festgestellt worden ist, dass „die Intensität einer Spektrallinie von 300—500 Grad absoluter Temperatur des Gases unabhängig von derselben ist“ und dass „das Verhältnis der Intensitäten der Spektra zweier gemischter Gase von der Temperatur des Gemisches unabhängig ist.“

Von den über die Spektra der Gasgemische vorliegenden Arbeiten kann keine Anspruch erheben, streng giltige quantitative Gesetze aufzustellen, ausser einer auch von Ferry[1]) herrührenden; ich muss später noch Gelegenheit nehmen, auf diese zurückzukommen und beschränke mich hier deshalb trotz ihrer Wichtigkeit darauf, sie kurz anzuführen. Die sonstigen Angaben, die ich in der Literatur über diesen Gegenstand gefunden habe, haben für uns wenig Bedeutung. Hervorzuheben wäre vielleicht nur noch die Arbeit von Lengyel[2]), der sich unter anderen die Aufgabe stellt, zu ermitteln, wieviel Prozent Sauerstoff und wieviel Prozent Stickstoff in Wasserstoff spektralanalytisch nachweisbar seien. Er gibt an, dass erst ca. 90 Prozent Sauerstoff und „schon etwas weniger“ Stickstoff in Wasserstoff spektralanalytisch nachweisbar seien; über Druck und Stromstärke habe ich aber keine Angaben gefunden und deshalb halte ich es auch bei dieser Arbeit nicht für notwendig, näher auf sie einzugehen.

[1]) E. Ferry, Phys. Rev. 7, S. 296—301. 1898.
[2]) B. Lengyel, Inaugural-Dissert. cf. Litter. Ber. aus Ungarn 3, S. 177—179. 1878.



Die Anordnung der Apparate wurde bis auf geringe Änderungen beibehalten, wie sie von Herrn Dr. Berndt getroffen war. Um aus dem Wasserstoffherstellungs - apparate *n* und dem, diesen von dem Hilfsgasometer *i* trennenden U-Rohr *m*, alle Luft zu entfernen, schien folgendes praktisch: Zwischen *n* und *m* wurde senkrecht ein oben offenes Stück Glasrohr eingeschmolzen, sodann *n* möglichst weit mit Phosphorsäure, *m* mit Quecksilber gefüllt und darauf wurde Wasserstoff entwickelt. Nachdem so alle Luft hinausgetrieben war, wurde während der Wasserstoffentwickelung das Glasrohr oben abgeschmolzen; etwa in das U-Rohr m übergetretene Phosphorsäure kann mit etwas Quecksilber durch plötzliches Anheben des Reservoirs zurückgeworfen werden. Diese Anordnung bewährte sich gut. Ferner wurde die Luftpumpe zum Vorpumpen durch eine Wasserstrahlpumpe ersetzt, die durch ein langes Glasrohr mit dem U-Rohr *a* verbunden wurde; sie ermöglichte ein schnelleres und bequemeres Auspumpen des Apparates. Im übrigen wurde vor Beginn der Untersuchungen der Apparat auseinander geschnitten, mit Salpetersäure und destilliertem Wasser gründlich gereinigt, mit trockener Luft getrocknet und dann wurden die einzelnen Teile wieder zusammengeschmolzen, nachdem noch in der Trockenröhre *o* und in der Röhre *q*, welche zum Abhalten der Quecksilberdämpfe vor der Geisslerröhre angebracht ist, Natronkalk, Phosphorpentoxyd, Schwefel und Kupfer erneuert waren.

Der Seidenpapierschirm zwischen der das Vergleichsspektrum liefernden Glühlampe, deren Licht durch ein

total reflektierendes Prisma auf den etwas mehr als $^1/_5$ mm. breiten Spalt des Spektrophotometers geworfen wurde, und letzterem wurde geölt, um besonders den Lichtstrahlen kleinerer Wellenlänge den Durchgang zu erleichtern.

Hohe Potentialwerte wurden auf Grund der Ablesungen an einem Funkenmikrometer berechnet, welches zur Geisslerröhre parallel geschaltet war; niedere Werte von ca. 2000 Volt an abwärts wurden mit einem Braun'schen Elektrometer bestimmt.

Der Reduktionsfaktor des D'Arsonval-Galvanometers von 244 Ω inneren Widerstand, mit welchem die Stromstärke gemessen wurde, betrug bei dem benutzten Skalenabstand (etwas über 3000 Skt.) 0,87 bis $0{,}90 \cdot 10^{-5}$ C.G.S. Photometrische Messungen wurden bei Stromstärken von ca. 170—ca. $1050 \cdot 10^{-6}$ Amp. ausgeführt; jedoch musste ich mich bei verschiedenen Beobachtungsreihen auf ein kleineres Intervall beschränken, um zu grosse, oder auch allzu kleine Spaltbreiten vermeiden zu können, da mit dem Vierordt'schen Spektrophotometer gearbeitet wurde; erstere, um nicht die Intensität anderer in der Nähe liegender Linien mitzumessen, letztere, da für sie schon kleine Beobachtungsfehler von grossem Einfluss auf die Genauigkeit der Resultate sind.

Als Druckintervalle wurden die Drucke von 9,0 bis 0,05 mm. gewählt, in den meisten Fällen gelang es aber wegen der Lichtschwäche des Spektrums bei hohen Drucken und der unregelmässigen Entladung erst von niederen Drucken, etwa 7,5 mm. an, genaue Resultate zu erzielen.

Das Mengenverhältnis der beiden Gase in den einzelnen Gemischen bestimmte ich in der Weise, dass ich die Quecksilbermengen, welche zum Einlassen der Gase in die Geisslerröhre und den mit ihr in Verbindung stehenden Teil des Apparates gebraucht wurden, verglich. Die Querschnitte der Hilfsgasometer i und f waren bekannt und zwar betrugen ihre Werte für i 16,34 mm², für f 17,24 mm²;

es brauchte also nur noch die Höhe der Quecksilbersäule in den Gasometern gemessen zu werden, welche zur Verdrängung der betreffenden Gasmengen nötig waren, um die Quecksilbermengen und damit das Mengenverhältnis der Gase des Gemisches zu erhalten. Zu dieser Höhenbestimmung wurde ein Kathetometer benutzt; es ist natürlich darauf zu achten, dass das Quecksilber in den Rohren *g* und *e*, resp. *k* und *m* bei den zwei Ablesungen am Kathetometer, vor Beginn und nach Beendigung des Gaseinlassens, an denselben Stellen steht.

Trotz der Schwefel-Kupfer-Röhre war es nicht gelungen, die Quecksilberdämpfe völlig von der Geisslerröhre fernzuhalten; einige Zeit nach Beginn der Untersuchungen trat die grüne Quecksilberlinie auf, allerdings so schwach, dass sie sich erst bei geringem Druck und grosser Stromstärke nachweisen liess, zuweilen auch gar nicht sichtbar wurde. Diese Tatsache, dass Schwefel und Kupfer also nicht imstande sind, alle Spuren von Quecksilberdampf abzuhalten, ist übereinstimmend von den meisten Beobachtern konstatiert worden, sodass es sich in ähnlichen Fällen empfiehlt, noch andere Mittel, z. B. echtes Blattgold anzuwenden.

Der zur Bestimmung der hohen Potentiale eingeschlagene Weg führte zu Resultaten, deren Genauigkeit nicht ganz befriedigend war; im allgemeinen scheinen die Werte etwas zu gross zu sein, was besonders daraus hervorgeht, dass zwischen dem jedesmaligen letzten mit Hilfe des Funkenmikrometers bestimmten Potentialwert, und dem ersten an dem Braun'schen Elektrometer abgelesenen, in der Regel ein zu grosser Sprung stattfand. In den Tabellen gebe ich deshalb immer noch die graphisch korrigierten Werte für das Potential an. Bei konstantem Druck änderten sich die Potentialwerte mit der Stromstärke nur verschwindend wenig, so dass diese Unterschiede der Ungenauigkeit der Methode zuzuschreiben sind; ich begnüge mich daher mit der Angabe der Mittelwerte.

Wenden wir uns nun zu den

Photometrischen Messungen am reinen Wasserstoff.

Diese Messungen sind notwendig, um einen festen Ausgangspunkt für die Untersuchungen zu gewinnen, denn diese Arbeit verfolgt nicht nur den Zweck, die Intensitätsverhältnisse der Spektra der verschiedensten Gemische zu untersuchen, sondern gleichzeitig den weiteren, die Abnahme der Intensität der Spektrallinien der reinen Gase genau quantitativ zu bestimmen, wenn zu ihnen verschiedene Mengen des zweiten Gases zugefügt werden. Es wurden aus dem ersten Wasserstoffspektrum die rote Linie $\lambda = 6563$ A.E. (Hα) und die blaue $\lambda = 4861$ A.E. (Hβ) gemessen, aus dem zweiten die Banden $\lambda 6013$ und $\lambda 5214$ A.E. In der Tabelle I sind die Beobachtungsresultate zusammengestellt; es bedeutet darin p den Druck in Millimetern, V das Potential in Volt (die zweite Zahl gibt immer den korrigierten Wert an), i die Stromstärke in 10^{-6} Ampere, J die Helligkeit, $\frac{J}{i}$ also die Helligkeit dividiert durch die Stromstärke, M den Mittelwert der $\frac{10.J}{i}$

Tabelle I (reiner Wasserstoff).

λ 6563

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M
9.21	4720	837	308	3.68	
	4830	678	246	3.63	3.60
		532	186	3.50	
7.28	4520	848	341	4.02	
	4410	674	267	3.96	
		533	223	4.18	4.08
		410	170	4.14	
5.57	3820	833	398	4 78	
	3820	598	281	4.70	
		518	230	4.44	4.65
		426	200	4.69	

λ 4861

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{4}$
9.21	4810	863	1082	12.54		
	4830	628	786	12.52	12.53	3.13
		429	538	12.54		
		219	274	12.51		
7.28	4580	833	1165	13.99		
	4410	591	786	13.30		
		431	579	13.43	3.46	3 36
		298	391	13.12		
5.57	3790	829	1329	16.03		
	3820	640	934	14.59		
		418	658	15.74	15.21	3.80

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M
3.69	2850	844	475	5.63	
	2990	650	361	5.55	5.57
		507	285	5.62	
		429	235	5.48	
1.84	2100	916	639	6.98	
	2080	822	566	6.89	6.81
		633	423	6.68	
		421	281	6.67	
1.05	1590	873	700	8.02	
	1720	640	493	7.70	7.88
		448	359	8.01	
		315	245	7.78	
0.90	1490	850	710	8.35	
	1520	570	458	8.04	8.23
		430	354	8.23	
		213	177	8.31	
0.42	1220	864	930	10.76	
	1200	596	624	10.47	10.45
		449	462	10.29	
		224	230	10.27	
0.19	1050	851	1200	14.10	
	1040	586	832	14.20	14.33
		456	660	14.47	
		226	329	14.56	
0.10	960	886	1404	15.85	
	960	602	934	15.51	15.69
		439	697	15.88	
		221	343	15.52	

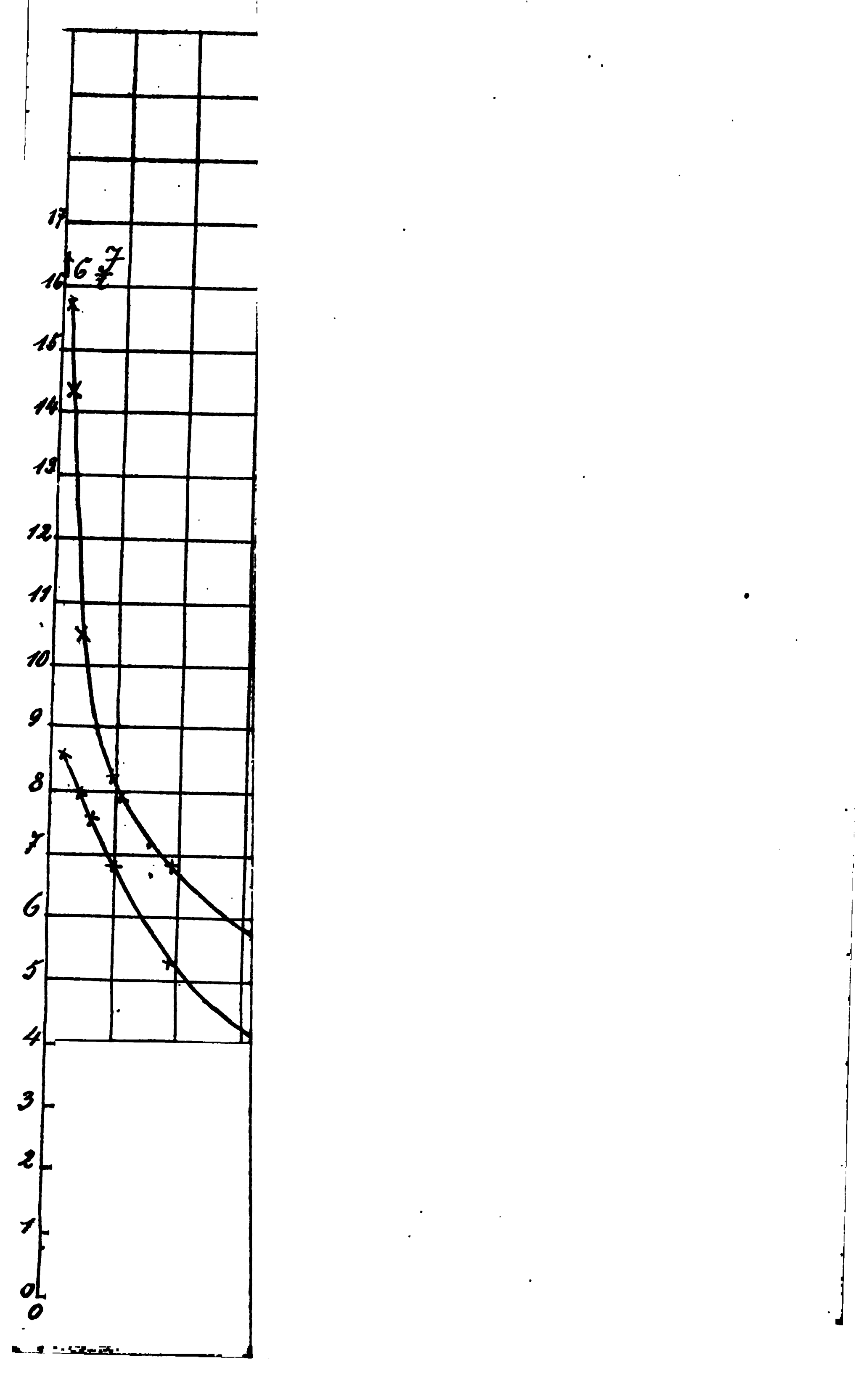
p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{4}$
		324	469	14.48		
3.69	2900	811	1446	17.19		
	2990	639	1119	17.51	18.04	4.51
		429	802	18.69		
		214	402	18.78		
1.84	2100	841	1922	22.85		
	2080	596	1303	21.86	22.05	5.51
		447	966	21.61		
		222	486	21.89		
1.05	1620	842	2152	25.56		
	1720	546	1456	26.67	26.18	6.55
		421	1088	25.84		
		204	544	26.67		
0.62	1290	746	2329	31.22		
	1330	630	2041	32.39	31.40	7.85
		362	1138	31.43		
		213	651	30.57		
0.42	1200	757	2750	36.33		
	1200	598	2106	35.22	35.93	9.00
		346	1222	35.32		
		194	715	36.85		
0.34	1130	780	3094	39.66		
	1160	458	1964	42.88	40.83	10.21
		344	1311	38.11		
		232	990	42.67		
0.19	1000	841	4552	54.12		
	1040	596	3000	50.33	54.14	13.53
		417	2357	56.52		
		206	1145	55.58		

λ 6013

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
9.21	4810	924	473	5.12		
	4830	789	394	4.99	4.97	2.48
		604	284	4.70		
		405	205	5.06		
7.28	4500	945	505	5.34		
	4410	787	420	5.34	5.48	2.74
		556	306	5.50		
		366	210	5.74		

λ 5214

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
9.21	4810	815	678	8.32		
	4830	567	446	7.87	8.14	4.07
		400	333	8.32		
		275	221	8.04		
7.28	4480	805	733	9.12		
	4410	579	521	9.00	9.06	4.53
		408	365	8.95		
		283	260	9.19		



17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
0

LIBRAR
OF
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
5.57	3820	930	595	6.40			5.57	3900	815	839	10.30		
	3820	804	493	6.13				3820	590	596	10.10		
		578	356	6.16	6.33	3.16			408	421	10.32	10.30	5.15
		447	296	6.62					284	298	10.49		
3.69	2900	912	697	7.63			3.69	2930	820	990	12.07		
	2990	642	484	7.54				2990	650	762	11.72		
		457	348	7.61	7.49	3.75			419	495	11.81	11.77	5.89
		332	239	7.20					305	350	11.48		
1.84	2160	850	912	10.73			1.84	2160	836	1261	15.08		
	2080	596	602	10.10				2080	628	892	14.20		
		421	449	10.67	10.54	5.27			426	627	14.72	14.76	7.38
		282	300	10.64					295	444	15.05		
1.05	1570	837	1151	13.75			1.05	1590	818	1404	17.16		
	1720	586	786	13.41				1720	620	1000	16.13		
		416	577	13.87	13.68	6.84			409	702	17.16	16.74	8.37
		288	394	13.68					262	432	16.49		
0.62	1290	863	1338	15.50			0.62	1290	884	1547	17.50		
	1330	648	947	14.61				1330	790	1445	18.29		
		437	660	15.10	15.15	7.57			442	779	17.62	17.76	8.88
		316	486	15.38					223	393	17.62		
0.42	1180	831	1394	16.77			0.42	1180	847	1623	19.16		
	1200	642	990	15.42				1200	636	1145	18.00		
		436	702	16.10	15.97	7.98			437	811	18.56	18.46	9.23
		317	494	15.58					313	567	18.11		
0.19	1020	816	1435	17.59			0.19	1020	852	1678	19.69		
	1040	589	1000	16.98				1040	650	1221	18.78		
		426	728	17.09	17.24	8.62			456	857	18.79	19.17	9.58
		298	516	17.32					332	645	19.43		

Diese Resultate werden durch Tafel I veranschaulicht, welche den Zusammenhang zwischen $\frac{J}{i}$, der Helligkeit bei konstanter Stromstärke, und dem Druck p zeigt, wobei letzterer als Abscisse, $\frac{c \cdot J}{i}$ als Ordinate aufgetragen ist, wo c, wie auch immer im folgenden, einen willkürlichen konstanten Faktor bedeutet.

Wir sehen, dass für sämtliche Linien und Banden aus dem ersten und zweiten Wasserstoffspektrum die Intensität bei konstantem Druck proportional der Strom-

stärke ist und bei konstanter Stromstärke mit abnehmendem Druck wächst, und zwar für die verschiedenen Teile des Spektrums in verschiedener Weise. Die Intensität des ersten Spektrums wächst mit abnehmendem Druck bedeutend stärker als die des zweiten, was auch schon Lewis[1]) unter wesentlich anderen Versuchsbedingungen bei Anwendung äusserer Elektroden gefunden hat. Für die beiden Linien Hα und Hβ steigen die beiden Kurven für die Drucke von 8,0 bis ca. 1,0 mm. ziemlich gleichförmig an, um sich dann asymptotisch der Ordinatenachse zu nähern, während für die Banden λ 6013 und λ 5214 die Intensitätszunahme von 1,0 mm. Druck an abwärts verhältnismässig nur gering ist. Bedenkt man, dass die relative Druckabnahme von ca. 1,0 mm. auf ca. 0,1—0,2 mm. ungefähr dieselbe ist, wie die von 8,0 auf ca. 1,0 mm., und dass die Intensität in erster Linie von dem Druck abhängt bei konstanter Stromstärke, so sieht man, dass es durchaus natürlich ist, dass für Hα und Hβ die Intensität in dem Druckintervall von 1,0 bis ca. 0,1 mm. um etwa eben so viel zugenommen hat, als in dem Intervall von ca. 8,0—ca. 1,0 mm; als auffällig hervorzuheben ist vielmehr das geringe Anwachsen der Intensität der Banden des zweiten Spektrums für geringe Drucke. Ich habe das Verhalten der Banden des zweiten Spektrums etwas ausführlicher besprochen, weil es für das Verständnis und die Erklärung von Tatsachen, auf die wir später stossen werden, von Wichtigkeit ist. Die Intensitätszunahme von Hβ ist ihrerseits wiederum grösser als die von Hα; es ist ja auch schon lange bekannt, dass die Teile kürzerer Wellenlänge eines Spektrums gegenüber denen grösserer Wellenlänge an Intensität gewinnen. Für die Banden λ6013 und λ 5214 trifft dies aber nicht zu, denn hier wächst umgekehrt die Intensität von λ 6013 mit abnehmendem Druck stärker, als die von λ 5214. Wie wir im weiteren Verlaufe der Untersuchungen sehen werden, bleibt dieses Verhält-

[1]) P. Lewis, Wied. Ann. 69, S. 398—425. 1899.

nis auch in allen Gemischen und im reinen Stickstoff bestehen; für letzteren hat schon Herr Dr. Berndt auf dieses Ausnahmeverhalten der beiden Banden hingewiesen.

Nachdem wir so mit den Untersuchungen am reinen Wasserstoff eine feste Grundlage gewonnen haben, wenden wir uns nun zu den

Photometrischen Messungen an den Gemischen.

Wegen der Schwierigkeit der Beobachtungen war es notwendig, gleich nach Beendigung einer Beobachtungsreihe die nötigen Rechnungen auszuführen, um die Richtigkeit der Werte kontrollieren zu können und, falls sich Bedenken ergaben, die betreffenden Messungen sofort zu wiederholen. Die in den Tabellen angegebenen Grössen stellen das Mittel aus in der Regel vier Beobachtungen dar; nur so war es möglich, genaue Resultate zu erzielen. Zuweilen kam es auch vor, dass die einzelnen Werte einen regelmässigen Verlauf der entsprechenden Kurve ergaben, diese sich aber im ganzen, wie der Vergleich mit den übrigen Kurven zeigte, als zu hoch oder zu tief herausstellte. Dieser Umstand ist mit Überanstrengung des Auges zu erklären, wo es dann leicht passiert, dass das Verhältnis der Intensitäten der Spektrallinien zu der des Vergleichsspektrums etwas falsch gewählt wird. So passierte das zweimal bei der grünen Bande λ 5214, denn obwohl das Auge für Gelb-Grün am empfindlichsten ist, konnte ich gerade in diesem Teil des Spektrums feinere Nüancen bei geringerer Lichtstärke schwer unterscheiden. Trotzdem scheint es mir vorteilhafter zu sein, bei den Untersuchungen die Intensität der Spektrallinien etwas verschieden von der des Vergleichsspektrums zu wählen, da das Auge für die Beurteilung eines bestimmten Grades der Verschiedenheit fähiger ist, als für die Bestimmung absoluter Gleichheit.

Bei den Gasgemischen trat oft eine sehr unregelmässige Entladung in der Geisslerröhre ein, die es unmöglich machte, genaue Beobachtungen anzustellen. Die auftretenden Unregelmässigkeiten waren von verschiedener

Art; einmal vertauschte sich plötzlich die Entladungsform an der Kathode und Anode (ohne dass etwa die Influenzmaschine ihre Pole vertauscht hätte, was in jedem Augenblick an der Richtung des Galvanometerausschlages kontrolliert werden konnte) oder aber die Entladung erfolgte plötzlich nur in stark flackernden einzelnen Fäden oder Büscheln und zwar auch bei geringem Druck, während dies sonst nur für hohe Drucke einzutreten pflegt. Gegen die erste Erscheinung wurden mit Erfolg starke elektrische Entladungen angewandt; bei der zweiten Form der Unregelmässigkeit leistete eine Verminderung des Druckes gute Dienste. Daraus erklärt sich auch die zum Teil vorhandene Verschiedenheit der in den Tabellen angegebenen Drucke für die Untersuchung der verschiedenen Linien desselben Gemisches. Da im allgemeinen die Vorgänge bei elektrischen Entladungen in Gasen noch zu wenig bekannt sind, um die hier zu Grunde liegenden Ursachen sicher zu erkennen und demgemäss die Übelstände systematisch bekämpfen zu können, musste ich mich damit begnügen, Mittel gefunden zu haben, welche sie beseitigten, und kann eine Erklärung nicht geben. Nicht ausgeschlossen scheint es mir zu sein, dass irgend welche chemischen Prozesse an den Elektroden dabei mitspielen. Zu erwähnen ist an dieser Stelle noch, dass bei den Gemischen, in welchen das zweite Gas schon in etwas grösserer Menge enthalten war, in der Geisslerröhre eine regelmässige Schichtung auftrat, die besonders für grosse Stromstärken gut ausgeprägt war.

Das erste Gemisch, an welchem Beobachtungen gemacht wurden, setzte sich zusammen aus 99,08% H und 0,92% N; die Resultate für Hβ und λ 5214 gaben zu Bedenken Anlass; deshalb wurden die Messungen für sie an einem frischen Gemisch, in dem das Mengenverhältnis der beiden Gase möglichst ähnlich hergestellt wurde, (99,22% H und 0,78% N) wiederholt. In der Tabelle II, welche diese Beobachtungen zusammenstellt, haben die Bezeichnungen die gleiche Bedeutung wie in Tabelle I.

Tabelle II.

Gemisch: 99.08 % H: 0.92 % N für Hα und λ 6013
99.22 % H; 0.78 % N für Hβ und λ 5214

Hα (λ 6563)

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M
8.65	4770	980	330	3.37	
	4770	850	290	3.41	3.39
		608	198	3.26	
		471	165	3.50	
7.00	4140	852	323	3.79	
	4200	633	227	3.59	3.74
		420	161	3.83	
		388	145	3.74	
5.34	3750	858	372	4.34	
	3580	699	299	4.28	4.32
		585	255	4.36	
		433	186	4.30	
3.92	2970	850	415	4.88	
	30 0	612	285	4 66	4 83
		428	211	4.93	
		300	145	4.83	
2.16	2120	867	510	5.88	
	2160	597	346	5.79	5.81
		439	257	5.85	
		300	171	5.70	
1.46	1820	873	570	6.53	
	1780	607	390	6.42	6.45
		436	286	6.56	
		230	145	6.30	
0.92	1610	862	624	7.24	
	1510	618	425	6.88	7.10
		428	313	7.31	
		225	157	6.98	
0.70	1340	852	680	7.99	
	1370	618	464	7.51	7.85
		426	340	8.00	
		215	170	7.91	
0.38	1100	854	753	8.82	
	1130	596	517	8.67	8.78
		421	376	8.93	
		214	186	8.69	

Hβ (λ 4861)

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{4}$
7.90	4600	843	1005	11.92		
	4560	554	658	11.87	11.88	2.97
		413	494	11.96		
		210	247	11.76		
6.19	4020	839	1106	13.18		
	4040	683	917	13.42	13.29	3.32
		413	547	13.24		
		205	273	13.31		
4.64	3510	862	1286	14.92		
	3480	642	985	15.34	15,12	3.78
		443	687	15.51		
		220	324	14.73		
3.03	2790	809	1478	18.27		
	2760	639	1193	18.67	18.25	4.56
		400	722	18.05		
		208	375	18.03		
1 93	2340	793	1623	20.47		
	2240	552	1112	20.14	20.28	5.07
		401	818	20.40		
		211	424	20.10		
1.02	1570	822	1960	23 84		
	1620	585	1366	23.35	23.99	6.00
		410	1005	24.51		
		211	512	24.26		
0.80	1460	851	2276	26.74		
	1470	575	1523	26.49	26 49	6.62
		431	1138	26.40		
		215	566	26.32		
0.41	1110	835	2539	30.41		
	1130	416	1286	30.91	30.47	7.62
		211	637	30.19		
		105	319	30.38		

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M
0.22	1030	859	892	10.38	
	1000	650	670	10.31	10.31
		428	438	10.23	
		213	220	10.33	
0.12	900	867	940	10.84	
	890	704	822	11.68	11.32
		480	552	11.50	
		341	384	11.26	

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{4}$
0.31	1100	834	2890	34.65		
	1080	594	1980	33.30	34.05	8.51
		425	1445	34.00		
		208	712	34.23		
0.15	930	813	3474	42.47		
	900	575	2415	42.00	41.77	10.44
		461	1886	40.91		
		224	934	41.69		

λ 6013

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
8.65	4910	852	375	4.40		
	4770	600	257	4.28	4.35	2.17
		426	186	4.37		
		334	145	4.34		
7.00	4200	852	393	4.61		
	4200	613	270	4.41	4.51	2.25
		426	197	4.62		
		329	145	4.41		
5.34	3730	849	449	5.29		
	3580	611	308	5.04	5.15	2.57
		425	225	5.29		
		309	153	4.95		
3.92	3000	844	520	6.16		
	3000	628	364	5.80	6.05	3.02
		420	259	6.17		
		340	206	6.06		
2.16	2170	861	700	8.13		
	2160	633	495	7.82	8.10	4.05
		424	350	8.25		
		217	178	8.20		
1.46	1860	849	861	10.14		
	1780	616	588	9.55	9.92	4.96
		427	429	10.05		
		215	214	9.95		
0.92	1610	852	985	11.56		
	1510	596	658	11.04	11.48	5.74
		418	492	11.77		
		213	246	11.55		

λ 5214

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
7.90	4600	792	622	7.85		
	4560	560	427	7.62	7.79	3.89
		413	326	7.89		
		215	168	7.81		
6.19	4020	824	697	8.46		
	4040	607	505	8.32	8.40	4.20
		406	342	8.42		
		203	171	8.42		
4.64	3410	839	783	9.33		
	3480	659	631	9,57	9.34	4.67
		428	395	9.23		
		212	196	9.24		
3.00	2830	829	839	10.12		
	2760	618	647	10.47	10.40	5.20
		392	409	10.43		
		199	211	10.60		
2.36	2500	843	934	11.08		
	2460	546	622	11.39	11.14	5.57
		422	469	11.11		
		215	236	10.98		
1.45	1840	829	1064	12.84		
	1930	538	660	12.27	12.54	6.27
		421	534	12.68		
		213	264	12.39		
0.80	1400	872	1222	14.01		
	1470	593	818	13.79	14.08	7.04
		431	615	14.27		
		216	308	14.27		

14
13
$C \cdot \frac{J}{i}$
12
0
1
2
3

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
0.70	1480	850	1059	12.46	12.26	6.13
	1370	628	773	12.31		
		437	525	12.01		
		220	270	12.27		
0.50	1210	847	1113	13.14	13.05	6.52
	1230	596	771	12.94		
		419	547	13.05		
		210	274	13.05		
0.38	1170	847	1185	13.99	13.75	6.87
	1130	615	818	13.30		
		423	595	13.90		
		216	298	13.80		
0.12	900	836	1139	13.62	14.15	7.07
	890	592	851	14.39		
		449	630	14.03		
		222	323	14.55		

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
0.41	1220	852	1338	15.70	15.28	7.64
	1130	596	884	14.83		
		430	653	15.19		
		213	328	15.40		
0.15	980	915	1523	16.66	16.03	8.01
	900	603	1000	16.58		
		483	756	15.65		
		260	396	15.23		

In Tafel II, welche diese Resultate veranschaulicht, ist wiederum p als Abscisse, $c \cdot \frac{J}{i}$ als Ordinate aufgetragen, wobei, wie auch in allen übrigen Tafeln, c für Hα gleich 10, für Hβ gleich $\frac{10}{4}$ und für λ 6013 und λ 5214 gleich $\frac{10}{2}$ ist.

Die Intensität der Spektrallinien dieses Gemisches hat gegen vorher abgenommen; im übrigen ist sie wie früher bei konstantem Druck der Stromstärke proportional und wächst bei konstanter Stromstärke mit abnehmendem Druck, allerdings langsamer als im reinem Gase, besonders für Hα und Hβ. Während nämlich beim reinen Wasserstoff die Intensität bei 0,15 mm. Druck für Hα und Hβ das 3,9- resp. 4,5fache der Intensität bei 8,0 mm. Druck betrug, stellen sich in dem Gemisch diese Zahlen auf 3,1 resp. 3,5. Das besagt mit anderen Worten, dass die Intensität bei geringeren Drucken mehr als für höhere abgenommen hat. Quantitativ werden wir die Abnahme der Intensität der einzelnen Linien gegen ihre Intensität im reinen Wasserstoff erst dann im Zusammenhang verfolgen,

wenn die Werte für die einzelnen Kurven in sämtlichen Gemischen vorliegen; ebenso werden wir dann erst das Verhältnis der Intensitätsabnahme der einzelnen Linien und Banden unter einander betrachten.

In dem Gemisch 99,22 % H, 0,78 % N war das Stickstoffspektrum noch nicht sichtbar, während in dem Falle, wo 0,92 % N dem Wasserstoff zugefügt waren, bei ganz geringem Druck die violetten Banden des Stickstoffs auftraten.

Es wurden noch Beobachtungen bei kleineren Drucken angestellt; die hierbei erhaltenen Resultate sind in der Tabelle nicht mitgeteilt, weil es nicht mehr möglich war, diese Drucke mit dem Quecksilber-Manometer genau zu bestimmen. Die Untersuchungen führten aber noch zu sehr interessanten Ergebnissen. Zunächst wurde festgestellt, dass die Intensität der einzelnen Spektrallinien bei weiterer Abnahme des Druckes bis zu einem Wert, den ich auf ungefähr 0,03—0,05 mm. schätze, ziemlich konstant bleibt, um dann bei noch weiterer Abnahme des Druckes wieder abzunehmen. Diese letzte Erscheinung scheint wenig beachtet zu sein, da ich in der Literatur keinerlei Angaben darüber gefunden habe, obwohl sie den Übergang zwischen den Entladungsvorgängen in Geissler'schen und in Crookes'schen (Hittorf) Röhren darstellt. Die Intensitätsabnahme ist noch recht bedeutend, sie betrug bei den angestellten Beobachtungen bis ca. 20 % gegenüber dem Intensitätsmaximum. Auch bei allen folgenden Gemischen wurde dieses Verhalten der Intensität bei ganz geringem Druck konstatiert. Über letzteren glaube ich soviel mit Sicherheit sagen zu können, dass das Konstantbleiben der Intensität in den Gemischen, in welchen das zweite Gas schon in etwas grösserer Menge enthalten ist, bei etwas höheren Drucken als in den übrigen eintritt.

In dem Druckintervall, in welchem die Intensität ziemlich konstant ist, bleibt auch das Potential konstant. Bei weiterer Abnahme des Druckes steigt es aber wieder

an und zwar zunächst ganz langsam und stetig, späterhin dagegen sehr schnell bis auf einige Tausend Volt. Auch diese Zunahme des Potentials beginnt in den Gemischen schon für höhere Drucke, in denen das zweite Gas bereits in grösseren Mengen vorhanden ist. Besonders bemerkenswert scheint mir der Umstand zu sein, dass gleichzeitig mit dem Wachsen des Potentials eine Abnahme der Intensität stattfindet.

Die folgende Tabelle III enthält die Beobachtungsresultate an dem Gemisch 96,98 % H, 3,02 % N und 96,95 % H, 3,05 % N.

Tabelle III.

Gemisch: 96.95 % H, 3.05 % N für Hα und Hβ
96.98 % H, 3.02 % N für λ 6013 und λ 5214

Hα (λ 6563)

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M
8.70	5570	996	323	3.24	
	5600	841	278	3.31	3.27
		581	188	3.23	
		422	139	3.29	
5.69	4630	847	335	3.95	
	4650	754	299	3.96	3.95
		583	229	3.93	
		459	181	3.94	
3.52	3850	852	417	4.89	
	3770	602	274	4.55	4.79
		490	230	4.69	
		213	107	5.02	
1.72	2830	873	505	5.78	
	2720	605	350	5.78	5.86
		516	299	5.79	
		367	223	6.08	
0.74	1830	855	587	6.88	
	1880	597	407	6.82	6.78
		432	295	6.83	
		313	206	6.58	
0.45	1480	852	656	7.70	
	1520	634	458	7.22	7.63
		473	371	7.84	
		423	329	7.78	

Hβ (λ 4861)

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{4}$
8.70	5560	863	908	10.52		
	5600	604	674	11.16		
		435	449	10.32	10.62	2.65
		216	227	10.51		
6.39	4910	816	1042	12.77		
	4890	577	702	12.17		
		414	522	12.61	12.49	3.12
		241	299	12.42		
4.60	4350	847	1222	14.43		
	4240	611	853	13.96		
		426	615	14.43	14.22	3.55
		302	425	14.07		
3.52	3680	851	1329	15.62		
	3770	423	674	15.93		
		309	465	15.05	15.51	3.88
		213	329	15.45		
1.72	2900	841	1650	19.62		
	2720	616	1151	18.68		
		418	818	19.57	19.36	4.84
		210	411	19.57		
0.74	1790	869	2152	24.76		
	1880	626	1500	23.96		
		427	1065	24.94	24.66	6.16
		213	532	24.98		

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M
0.19	1060	873	756	8.66	
	1080	650	518	7.97	8.39
		435	379	8.71	
		315	259	8.22	

λ 6013.

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
8.40	5400	884	358	4.05		
	5410	729	281	3.85	4.00	2.00
		618	242	3.94		
		471	197	4.18		
6.10	5100	853	402	4.71		
	4720	677	299	4.42	4 56	2.28
		591	262	4.43		
		437	204	4.66		
4.30	4120	854	448	5.25		
	4010	638	324	5.08	5.20	2.60
		496	259	5.22		
		423	222	5.25		
3.15	3530	859	525	6.11		
	3490	589	372	6.32	6.16	3.08
		511	313	6.12		
		442	270	6.11		
1.70	2500	830	656	7.90		
	2600	423	328	7.75	7.64	3.82
		307	220	7.17		
		213	165	7.75		
0.88	1800	859	872	10.15		
	1870	646	648	10.03	10.08	5.04
		426	429	10.07		
		215	217	10.09		
0.42	1250	852	985	11.56		
	1320	426	493	11.57	11.42	5.71
		298	329	11.04		
		215	248	11.53		
0.21	980	863	1059	12.27		
	1000	415	547	13.18	12.81	6.40
		283	352	12 44		
		194	259	13.35		

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{4}$
0.45	1490	827	2276	27.52		
	1520	618	1572	25.43	26.44	6.61
		430	1138	26.47		
		217	572	26.33		
0.30	1280	850	2444	28.75		
	1280	432	1222	28.29	28.18	7.05
		300	822	27.40		
		216	611	28.29		
0.19	1080	856	2640	30.84		
	1060	620	1868	30.13	30.41	7.60
		424	1303	30.73		
		219	656	29.95		

λ 5214

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
8.40	5360	902	649	7.20		
	5410	797	578	7.25	7.16	3.[illegible]8
		591	418	7.07		
		460	327	7.11		
6.10	4980	841	668	7.94		
	4720	608	458	7.53	7.67	3.83
		427	328	7.68		
		304	229	7.53		
4.85	4370	857	717	8.25		
	4260	611	484	7.92	8.18	4.09
		510	421	8.25		
		311	258	8.30		
3.15	3500	890	825	9.27		
	3490	828	756	9.13	9.18	4.59
		586	525	8.96		
		398	372	9.35		
1.70	2400	862	921	10.68		
	2600	609	635	10.43	10.62	5.31
		428	458	10.70		
		296	316	10.68		
0.88	1760	631	715	11.33		
	1870	432	517	11.97	11.67	5.84
		411	489	11.90		
		308	354	11.49		

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{\alpha}$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{\alpha}$

zeigen.

283	352	12.44		[illegible]	[illegible]	11.[illegible]
194	259	13.35		308	354	11.49

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
							0.42	1280	780	993	12.73		
								1320	532	662	12.44	12.69	6.34
									383	476	12.43		
									270	355	13.15		
							0.21	960	852	1158	13.59		
								1000	635	812	12.79		
									419	579	13.82	13.48	6.74
									211	290	13.74		

Diese Resultate sind in Tafel III geometrisch dargestellt. Die Intensität hat wieder bedeutend abgenommen; im übrigen folgen die einzelnen Spektrallinien noch denselben Gesetzen wie vorher. Das gilt auch für ein Gemisch, in welchem ca. 6 Prozent Stickstoff enthalten waren. An ihm wurden nur wenige Messungen vorgenommen und festgestellt, dass die Proportionalität zwischen Intensität und Stromstärke bei konstantem Druck noch besteht.

Dieses Proportionalitätsgesetz verliert seine Giltigkeit, wenn dem Wasserstoff ca. 11 Prozent Stickstoff zugefügt werden. Doch stellen wir erst die Tabelle hierfür zusammen. Die Bezeichnungen in Tabelle IV sind dieselben wie in den vorigen; die letzte Kolonne gibt für vier verschiedene Stromstärken, nämlich diejenigen, die einem Galvanometerausschlag von resp. 12,5, 22,5, 32,5 und 42,5 Skalenteilen entsprechen, die Werte von $\frac{J}{i}$, noch multipliziert mit einem konstanten Faktor. Diese Werte sind für die verschiedenen Drucke graphisch interpoliert aus den Kurven in Tafel IV, welche die Abhängigkeit der Intensität von der Stromstärke bei konstantem Druck zeigen.

Tabelle IV.

Gemisch: 88.80 % H, 11.20 % N für Hα und Hβ
88.90 % H, 11.10 % N für λ 6013 und λ 5214

Hα (λ 6563)							Hβ (λ 4861)						
p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i}$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$\frac{10\frac{J}{i}}{4}$
7.79	5600	990	318	3.21	12.5	3.78	7.79	5600	905	896	9.90	12.5	2.88
	5520	852	278	3.26	22.5	3.51		5520	745	761	10.22	22.5	2.71
		600	198	3.30	32.5	3.32			532	575	10.81	32.5	2.60
		426	159	3.73	42.5	3.26			404	448	11.09	42.5	2.49
5.40	4600	1069	396	3.70	12.5	4.40	5.40	4800	969	1145	11.82	12.5	3.36
	4680	850	324	3.81	22.5	4.13		4680	852	1015	11.91	22.5	3.19
		532	222	4.17	32.5	3.89			607	756	12.45	32.5	3.09
		388	162	4.18	42.5	3.79			437	580	13.24	42.5	2.93
		311	135	4.34									
3.90	4200	1022	413	4.04	12.5	4.79	4.72	4300	942	1223	12.98	12.5	3.68
	3970	895	372	4.16	22.5	4.52		4360	852	1098	12.89	22.5	3.43
		583	265	4.54	32.5	4.33			643	854	13.28	32.5	3.33
		384	177	4.61	42.5	4.21			443	615	13.88	42.5	3.26
2.76	3390	959	429	4.47	12.5	5.29	2.15	2700	979	1568	16.02	12.5	4.61
	3140	852	402	4.72	22.5	5.00		2680	862	1435	16.65	22.5	4.41
		564	282	5.00	32.5	4.80			575	1031	17.93	32.5	4.29
		394	202	5.12	42.5	4.63			415	756	18.22	42.5	4.13
2.05	2500	975	492	5.05	12.5	5.72	1.12	1800	973	1941	19.95	12.5	5.54
	2600	868	448	5.16	22.5	5.45		1860	889	1768	19.89	22.5	5.34
		602	313	5.28	32.5	5.23			587	1238	21.09	32.5	5.18
		398	226	5.68	42.5	5.09			403	880	21.84	42.5	5.05
		245	145	5.92									
1.12	1770	990	537	5.42	12.5	6.30	0.58	1310	980	2200	22.45	12.5	6.18
	1860	879	499	5.68	22.5	6.02		1380	858	1922	22.40	22.5	5.91
		589	352	5.98	32.5	5.79			639	1495	23.39	32.5	5.75
		410	250	6.10	42.5	5.62			391	925	23.66	42.5	5.61
		206	136	6.60									
0.48	1290	895	576	6.44	12.5	7.10	0.23	1010	969	2415	24.92	12.5	6.93
	1280	609	402	6.60	22.5	6.81		1040	822	2084	25.35	22.5	6.70
		391	286	7.31	32.5	6.58			640	1677	26.20	32.5	6.50
		272	202	7.43	42.5	6.44			358	980	27.34	42.5	6.32
0.23	990	848	561	6.62	12.5	7.38							
	1040	639	441	6.90	22.5	7.10							
		473	338	7.15	32.5	6.88							
					42.5	6.70							

λ 6013

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{\frac{i}{2}}$
7.71	5230	884	324	3.67	12.5	2.18
	5170	745	283	3.80	22.5	2.00
		553	216	3.91	32.5	1.88
		395	161	4.08	42.5	1.80
5 53	4670	873	358	4.10	12.5	2.40
	4590	788	331	4.20	22.5	2.25
		617	265	4.29	32.5	2.13
		362	166	4.59	42.5	2.04
4 09	4230	978	449	4.59	12.5	2.80
	4010	847	429	5.06	22.5	2.60
		602	313	5.20	32.5	2.49
		437	225	5.15	42.5	2.40
		350	192	5.49		
2.96	3560	967	518	5.36	12.5	3.12
	3400	852	476	5.59	22.5	2.97
		625	352	5.63	32.5	2.80
		452	260	5.75	42.5	2.70
		389	238	6.12		
1.83	2500	944	630	6.67	12.5	3.75
	2550	849	582	6.86	22.5	3.51
		564	384	6.81	32.5	3.39
		392	286	7.29	42.5	3.30
		236	178	7.54		
1.06	1860	863	680	7.88	12.5	4.35
	1880	586	469	8.00	22.5	4.14
		392	330	8.42	32.5	4.00
		266	235	8.83	42.5	3.90
0.53	1360	863	759	8.79	12.5	4.89
	1380	564	518	9.18	22.5	4.68
		391	379	9.69	32.5	4.51
		264	260	9.85	42.5	4.40
0.20	960	852	894	10.49	12.5	5.71
	1010	754	799	10.60	22.5	5.50
		622	675	10.85	32.5	5.33
		371	419	11.29	42.5	5.21

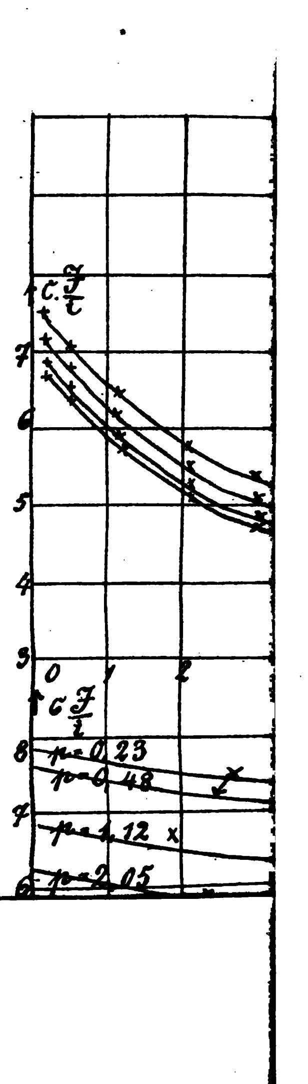
λ 5214

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{\frac{i}{2}}$
7.71	5200	894	626	7.00	12.5	3.84
	5170	660	464	7.03	22.5	3.61
		430	314	7.30	32.5	3.49
		238	180	7.65	42.5	3.41
5.53	4480	1028	736	7.16	12.5	4.03
	4590	931	667	7.16	22.5	3.80
		485	372	7.68	32.5	3.67
		219	171	7.81	42.5	3.59
4.06	4160	825	626	7.59	12.5	4.21
	4010	391	313	8.01	22.5	4.00
		261	215	8.24	32.5	3.86
		197	170	8.63	42.5	3.79
2.96	3600	974	792	8.13	12.5	4.60
	3400	873	728	8.34	22.5	4.35
		453	394	8.68	32.5	4.20
		407	365	8.97	42.5	4.12
		195	181	9.28		
1.83	2580	996	876	8.80	12.5	4.95
	2550	884	802	9.07	22.5	4.71
		603	555	9.20	32.5	4.57
		415	395	9.52	42.5	4.46
		196	198	10.10		
1.06	1770	985	934	9.48	12.5	5.34
	1880	870	868	9.99	22.5	5.11
		586	588	10.03	32.5	4.96
		413	435	10.53	42.5	4.90
		199	220	11.05		
0.53	1320	969	990	10.22	12.5	5.90
	1380	863	921	10.67	22.5	5.65
		415	494	11.90	32.5	5.48
		197	236	11.98	42.5	5.37
0.20	980	943	1069	11.34	12.5	6.31
	1010	831	971	11.68	22.5	6.08
		408	493	12.08	32.5	5.88
		188	244	12.98	42.5	5.78

Zu dieser Tabelle gehört Tafel IV, in welcher, wie schon erwähnt, die Kurven für die einzelnen Drucke die Abhängigkeit der Intensität von der Stromstärke bei diesen konstanten Drucken zeigen. Aus ihnen sind dann die Werte von $c \frac{J}{i}$ entnommen, die den Stromstärken von dem Galvanometerausschlag 12,5, 22,5, 32,5, 42,5 Skt. entsprechen. Mit diesen Werten sind die übrigen Kurven gebildet, indem sie als Ordinaten und die Drucke p als Abscissen aufgetragen sind. Die vier unter einander gezeichneten, für die vier Wellenlängen einzeln angegebenen Kurven, stellen also für jede derselben die Abhängigkeit von $c. \frac{J}{i}$ vom Drucke dar und zwar für die vier konstanten Stromstärken, die einem Galvanometerausschlag von resp. 12,5, 22,5, 32,5, 42,5 Skt. entsprechen, das sind ca. 266, 479, 692, $905 \cdot 10^{-6}$ Amp.

Wir sehen also, dass bei konstantem Druck die Helligkeit nicht mehr proportional der Stromstärke ist, sondern für beide Wasserstoffspektra etwas langsamer als diese wächst, d. h. mit andern Worten, dass $\frac{J}{i}$ für grössere Stromstärken etwas kleiner ist, wie das durch die zuletzt beschriebenen Kurven in Tafel IV veranschaulicht wird. Im übrigen haben die Kurven einen normalen Verlauf.

Die Beobachtungen bei kleineren Drucken, die in der Tabelle nicht angegeben sind, ergaben in bezug auf das Verhalten der Intensität und des Potentials dieselben Resultate, wie sie schon an früherer Stelle beschrieben worden sind. Es trat jedoch noch eine interessante Erscheinung hinzu, indem die Intensität für ganz geringe Drucke, bei denen gerade noch eine Entladung möglich war, von der Stromstärke fast unabhängig war, soweit wenigstens, dass die Steigerung der Stromstärke von ca. 300 bis auf ca. $800 \cdot 10^{-6}$ Amp. eine merkliche Intensitätszunahme nicht hervorrief. Diese Tatsache bleibt für



C. $\frac{J}{i}$
7
6
5
4
3
0
1
2
C $\frac{J}{i}$
8
p=0.23
p=0.48
7
p=1.12
p=2.05
6

alle Gemische für diejenigen Teile des Spektrums erhalten, deren Intensität auch für grössere Drucke nicht mehr proportional der Stromstärke ist.

Um für die Beobachtungen bei ganz kleinen Drucken, die nicht mehr gemessen werden konnten, eine anschauliche Darstellung zu geben, füge ich hier einige derselben, die beliebig herausgegriffen sind, bei. In dem Gemisch, das sich aus 88,90 % H und 11,10 % N zusammensetzt, ergab sich für:

λ 6013

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	
840	848	675	7.96		analog den sonstigen Beobachtgn.
	808	669	8.28		
	560	543	9.70		
	321	338	10.53		
2600	580	191			J unabhängig von i
	229	182			

λ 5214

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	
1100	868	912	10.51		cf. λ 6013
	450	493	10.96		
	204	239	11.72		
2000	705	478			cf. λ 6013
	603	429			
	394	424			

In dem Gemisch 80,03 % H und 19,97 % N ergab sich für:

Hβ

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	
900	1022	1796	17.57		analog den sonstigen Beobachtgn.
	469	916	19.53		
	208	458	22.02		
ca. 3000	574	800			J unabhängig von i
	468	794			

Hα

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	
890	917	417	4.55		cf. Hβ
	638	321	5.03		
	507	296	5.84		
2860	516	113			cf. Hβ
	463	107			
	2[illegible]	1[illegible]7			

Wenden wir uns nun zu dem folgenden Gemisch.

Tabelle V.

Gemisch: 80.03 % H 19.97 % N für Hα, Hβ und λ 5214
79.63 % H 20.37 % N für λ 6013

Hα (λ 6563)							Hβ (λ 4861)						
p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i}$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{\frac{J}{i}}{4}$
7.20	6200	1028	318	3.10	12.5	3.71	7.20	6100	1049	1000	9.53	12.5	3.01
	5800	866	272	3.14	22.5	3.47		5800	847	818	9.66	22.5	2.78
		668	229	3.43	32.5	3.26			660	674	10.21	32.5	2.56
		462	160	3.46	42.5	3.10			477	518	10.86	42.5	2.40
		382	136	3.56									
6.12	5570	1001	321	3.21	12.5	4.00	6.12	5560	979	995	10.16	12.5	3.19
	5410	868	296	3.41	22.5	3.73		5410	834	854	10.24	22.5	2.92
		586	208	3.55	32.5	3.50			554	596	10.76	32.5	2.71
		423	161	3.73	42.5	3.31			407	491	12.06	42.5	2.56
		379	145	3.83									
3.88	4400	942	365	3.87	12.5	4.58	4.40	4580	998	1186	11.88	12.5	3.71
	4320	831	340	4.09	22.5	4.30		4600	820	961	11.72	22.5	3.40
		602	250	4.15	32.5	4.11			532	666	12.52	32.5	3.19
		421	183	4.35	42.5	3.91			439	593	13.51	42.5	2.98
		356	157	4.41									
2.12	3070	980	437	4.45	12.5	5.29	2.12	3080	969	1511	15 59	12.5	4.70
	3060	863	407	4.72	22.5	5.01		3060	830	1308	15.77	22.5	4.40
		612	290	4.74	32.5	4.80			572	980	17.12	32 5	4.15
		436	220	5.05	42.5	4.62			415	752	18.12	42.5	3.95
		274	145	5.29									
1.19	2140	969	499	5.15	12.5	6.10	1.20	2130	1012	1784	17.63	12.5	5.33
	2040	852	458	5.38	22.5	5.78		2040	618	1222	19.77	22.5	5.02
		576	318	5.52	32.5	5.50			520	1061	20.40	32.5	4.79
		405	247	6.10	42.5	5.26			426	892	20.94	42.5	4.59
		256	157	6.13									
0.70	1400	1033	540	5.23	12.5	6.50	0.70	1380	996	2000	20.08	12.5	5.87
	1450	871	492	5.64	22.5	6.14		1450	836	1692	20.24	22.5	5.57
		581	352	6.06	32.5	5.81			564	1215	21.72	32.2	5.32
		426	270	6.34	42.5	5.56			363	853	23 50	42.5	5.11
		261	177	6.78									

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i}$
0.33	960	1035	571	5.52	12.5	6.90
	1000	860	532	6.19	22.5	6.60
		437	286	6.55	32.5	6.29
		200	146	7.30	42.5	6.01
0.21	830	1013	606	5.98	12.5	7.02
	880	875	539	6.16	22.5	6.70
		450	303	6.73	32.5	6.40
		207	152	7.34	42.5	6.18

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i} / 4$
0.44	1080	1055	2200	20.95	12.5	6.20
	1160	826	1800	21.79	22.5	5.89
		550	1311	23.84	32.5	5.62
		368	892	24.24	42.5	5.40
0.21	820	1054	2415	22.91	12.5	6.78
	880	850	1985	23.35	22.5	6.40
		644	1623	25.20	32.5	6.19
		446	1200	26.91	42.5	5.96

λ 6013

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i} / 2$
8.13	6300	1022	374	3.66	12.5	2.41
	6280	873	340	3.89	22.5	2.21
		628	260	4.14	32.5	2.08
		426	186	4.36	42.5	1.95
		270	137	5.07		
5.52	5310	986	481	4.88	12.5	3.10
	5040	863	425	4.92	22.5	2.89
		623	329	5.28	32.5	2.71
		409	240	5.86	42.5	2.59
		273	164	6.01		
3.30	3880	980	604	6.16	12.5	3.74
	3720	863	532	6.16	22.5	3.49
		613	412	6.72	32.5	3.30
		409	300	7.33	42.5	3.15
		268	206	7.69		
2.55	3300	895	633	7.07	12.5	4.02
	3200	588	428	7.28	22.5	3.80
		400	317	7.92	32.5	3.60
		255	202	7.92	42.5	3.47
1.51	2280	895	728	8.13	12.5	4.61
	2320	588	488	8.30	22.5	4.37
		415	365	8.80	32.5	4.18
		260	244	9.38	42.5	4.00
0 92	1510	888	805	9.05	12.5	5.05
	1640	588	541	9.20	22.5	4.80
		409	403	9.85	32.5	4.60
		272	274	10.07	42.5	4.44

λ 5214

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i} / 2$
7.20	6050	920	543	5.90	12.5	3.29
	5800	698	416	5.96	22.5	3.08
		447	269	6.02	32.5	2.90
		235	149	6.34	42.5	2.80
6.12	5620	982	577	5.88	12.5	3.50
	5410	850	525	6 18	22.5	3.28
		650	411	6.32	32.5	3.11
		423	290	6.86	42.5	3.00
		212	145	6.84		
3.88	4400	974	656	6.74	12.5	3.94
	4320	836	579	6.92	22.5	3.70
		584	419	7.17	32.5	3.50
		382	289	7.57	42.5	3.36
		264	210	7.95		
2.12	3080	980	756	7.71	12.5	4.47
	3060	863	678	7.86	22.5	4.21
		586	479	8.17	32.5	4.02
		262	238	9.08	42.5	3.89
1.20	2150	1006	872	8.67	12.5	5.03
	2040	852	756	8.87	22.5	4.78
		602	547	9.09	32.5	4.58
		437	438	10.02	42.5	4.40
		207	214	10.34		
0.70	1390	1001	957	9.56	12.5	5.54
	1450	870	836	9.61	22.5	5.28
		625	656	10.50	32.5	5.03
		394	419	10.64	42.5	4.86
		274	299	10.91		

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i} / 2$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i} / 2$
0.41	1020	852	864	10.14	12.5	5.52	0.21	840	1001	1119	11.17	12.5	6.32
	1100	575	586	10.20	22.5	5.29		880	831	934	11.24	22.5	6.07
		394	432	10.96	32.5	5.08			399	493	12.36	32.5	5.87
		234	256	10.94	42.5	4.93			186	247	13.28	42.5	5.70
0.23	880	870	894	10.28	12.5	5.80							
	880	630	702	11.14	22.5	5.59							
		470	513	10.92	32.5	5.40							
		298	353	11.85	42.5	5.28							

Die Kurven in Tafel V, welche in derselben Weise wie diejenigen in Tafel IV gebildet sind, stellen uns diese Angaben geometrisch dar.

In diesem Gemisch herrschte im allgemeinen bereits das Stickstoffspektrum vor; es wurde sorgfältig darauf geachtet, dass bei den Linien Hα und Hβ für grössere Spaltbreiten die Helligkeit der in der Nähe liegenden Stickstoffbanden nicht mitgemessen wurde. Die Kurven für Hα und Hβ schliessen sich bei entsprechender Intensitätsabnahme den entsprechenden des vorigen Gemisches gut an und zeigen im grossen und ganzen denselben Verlauf. Anders steht es mit den Banden λ 6013 und λ 5214. Das zweite Wasserstoffspektrum ist nämlich fast ganz verschwunden und nur noch als ziemlich schwacher kontinuierlicher Hintergrund zu konstatieren, so dass wir es jetzt an diesen Stellen der Hauptsache nach mit Stickstoffbanden zu tun haben. Die Kurven für diese Banden ordnen sich auch nicht mehr den früheren unter, sondern mit ihnen beginnt eine Reihe von Stickstoffkurven. Es liegt hier nun allerdings folgende Schwierigkeit vor: Während die Intensität von λ 6013 gegen die derselben Bande bei dem vorigen Gemisch, wie zu erwarten war, bedeutend zugenommen hat, hat dieselbe für λ 5214 noch abgenommen. Ich muss wohl annehmen, dass ich infolge von Überanstrengung des Auges diese Werte im Verhältnis zum Vergleichsspektrum durchweg zu klein angenommen habe und leider merkte ich den Fehler erst

Gemisch: 80,0

79,6

A_1

N 6563

6. J/i

0 1. 2 3 4

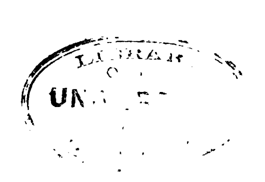
6. J/i

0,21
0,33
0,70
1,20
2,12
3,68
6,12
7,20

0

6. J/i

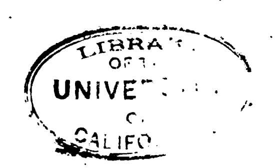
B. Die Kurven
Abhängigkeit
Druck von de
Abscisse: Die
aus
Ordinate: Die
stärke



zu spät, als dass ich die Beobachtungen hätte wiederholen können. Auf die Einzelheiten habe ich an späterer Stelle noch einzugehen.

Für die nächsten Gemische, in denen der Stickstoff die Hauptrolle spielt, ist folgendes zu beachten: Da die Spektra der beiden Gase einander superponiert sind, so lässt sich auch bei verhältnismässig kleinen Spaltbreiten und grossen Stromstärken manche der Wasserstofflinien, z. B. Hα, garnicht direkt messen, da an dieser Stelle die Intensitäten zweier Linien, einer aus dem Stickstoff- der anderen aus dem Wasserstoffspektrum, zusammenwirken. Ich suchte mir nach dem Vorbilde von Lewis[1]) nun damit zu helfen, dass ich zunächst in der gewöhnlichen Weise an der Stelle λ 6563 die Intensität bestimmte; alsdann wurde unmittelbar daneben die Intensität des Stickstoffs gemessen, die dann von der Intensität der Linie λ 6563, welche sich jetzt also aus Hα + N zusammensetzt, in Abzug gebracht wurde. So erhielt ich die reine Linie Hα. Die Stickstoffbande in der unmittelbaren Umgebung von Hα, die mit λ (6563) bezeichnet werden möge, musste mit Hilfe eines dunkleren Vergleichsspektrums gemessen werden. Man erhielt sonst zu grosse Spaltbreiten und infolgedessen kamen hier wieder Teile des Wasserstoffspektrums hinzu. Es wurde deshalb das Vergleichslicht durch eine zwischen Vergleichslampe und Papierschirm gestellte Milchglasplatte abgeschwächt. Die Stärke der Abschwächung wurde mit Hilfe eines zweiten dem ursprünglichen an Intensität gleichen Vergleichsspektrums, dessen Licht durch ein zweites total reflektierendes Prisma auf den oberen Spalt des Spektrophotometers geworfen wurde, eine grössere Anzahl von Malen bestimmt und dann das Mittel genommen. Die Intensität des Vergleichsspektrums betrug jetzt den 6,5ten Teil der ursprünglichen. Die Beobachtungen verlieren ja bei allzu schwachem Licht entschieden an Genauigkeit, es war dies aber die einzige Möglichkeit, zwischen

[1]) P. Lewis l. c. S. 407.



dem Wasserstoff- und Stickstoffspektrum überhaupt scheiden zu können. Verweilt man vor Beginn der Untersuchungen längere Zeit in einem dunklen Zimmer, so gewinnt das Auge an Sehschärfe und Unterscheidungsvermögen für geringe Helligkeiten und man ist imstande, auch unter diesen Umständen zuverlässige Beobachtungen anzustellen. Für die Linie Hβ liegen die Verhältnisse bedeutend günstiger. Da sie mit einem sehr dunklen Teil des Stickstoffspektrums zusammenfällt, brauchen nicht erst zwei Beobachtungsreihen kombiniert zu werden, sondern sie lässt sich direkt messen. Allerdings muss man zu grosse Spaltbreiten vermeiden, da sonst doch zu viele und zu helle Teile des Stickstoffspektrums eindringen würden. Dazu musste freilich in den meisten Fällen das Vergleichslicht geschwächt werden, dann liess sich aber auch die geringe Einwirkung des Stickstoffs gleich beim Messen von Hβ berücksichtigen.

Wir stellen nun zunächst wieder die Tabelle für das nächste Gemisch auf. Die Werte für die Intensität von λ (6563) sind also, um sie auf die ursprüngliche Helligkeit des Vergleichsspektrums zu reduzieren, mit 6,5 zu dividieren.

Tabelle VI.

Gemisch: 49.87 % H 50.13 % N für Hα, λ (6563), Hβ und λ 5214
50.00 % H 50.00 % N für λ 6013.

λ 6563 (Hα + N)							λ (6563) (N)						
p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i}$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$\frac{10\frac{J}{i}}{6.5}$
7.47	6420	893	509	5.70	12.5	6.38	7.47	6300	990	1716	17.34	12.5	3.30
	6200	660	397	6.01	22.5	6.09		6200	810	1488	18.37	22.5	3.08
		400	251	6.25	32.5	5.87			673	1274	18 93	32.5	2.90
					42.5	5.68						42.5	2.78
6.50	6070	990	580	5.86	12.5	6.70	5.35	5680	873	1846	21.14	12.5	3.75
	6010	886	540	6.09	22.5	6.40		5600	730	1536	21.73	22.5	3.52
		550	346	6.29	32.5	6.20			634	1391	21.94	32.5	3.35
		382	256	6.70	42.5	6.00			538	1255	23.33	42.5	3.20

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i}$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$\frac{10\frac{J}{i}}{6.5}$
4.04	5030	983	670	6.82	12.5	7.70	4.04	5040	897	2099	23.40	12.5	4.21
	4960	852	576	6.76	22.5	7.39		4960	790	1905	24.11	22.5	3.98
		586	416	7.10	32.5	7.12			664	1632	24.58	32.5	3.79
		376	290	7.71	42.5	6.80			541	1391	25.71	42.5	3.62
2.75	3880	980	744	7.59	12.5	8.69	2.75	3920	948	2373	25.03	12.5	4.51
	4000	639	516	8.07	22.5	8.32		4000	832	2184	26.25	22.5	4.26
		442	379	8.57	32.5	8.04			581	1527	26.28	32.5	4.04
		294	260	8.84	42.5	7,79			411	1183	28.78	42.5	3.89
2.00	3270	916	756	8.25	12.5	9.23	2.00	3250	981	2542	25.91	12.5	4.80
	3280	639	552	8.64	22.5	8.90		3280	922	2418	26.22	22.5	4.53
		405	379	9.36	32.5	8.61			767	2132	27.79	32.5	4.31
		283	262	9.26	42.5	8.39			596	1742	29.23	42.5	4.15
1.25	2370	969	857	8.84	12.5	9.90	1.25	2360	894	2672	29.90	12.5	5.19
	2440	623	579	9.29	22.5	9.54		2440	852	2561	30.05	22.5	4.90
		421	418	9.93	32.5	9.23			777	2288	29.45	32.5	4.70
		280	276	9.86	42.5	8.98			575	1814	31.55	42.5	4.52
0.70	1570	863	853	9.88	12.5	10.60	0.70	1560	990	3088	31.19	12.5	5.65
	1680	592	597	10.09	22.5	10.30		1680	841	2776	33.01	22.5	5.38
		396	411	10.38	32.5	9.99			639	2152	33.67	32.5	5.14
		271	294	10.85	42.5	9.72			554	1911	34.49	42.5	4.95
0.27	1030	894	930	10.39	12.5	11.55	0.27	1030	967	3146	32.53	12.5	5.80
	1040	554	615	11.10	22.5	11.18		1040	801	2685	33.52	22.5	5.53
		394	449	11.39	32.5	10.87			586	2106	35.94	32.5	5.31
		256	298	11.64	42.5	10.60						42.5	5.13

Hα (graphisch interpoliert.)

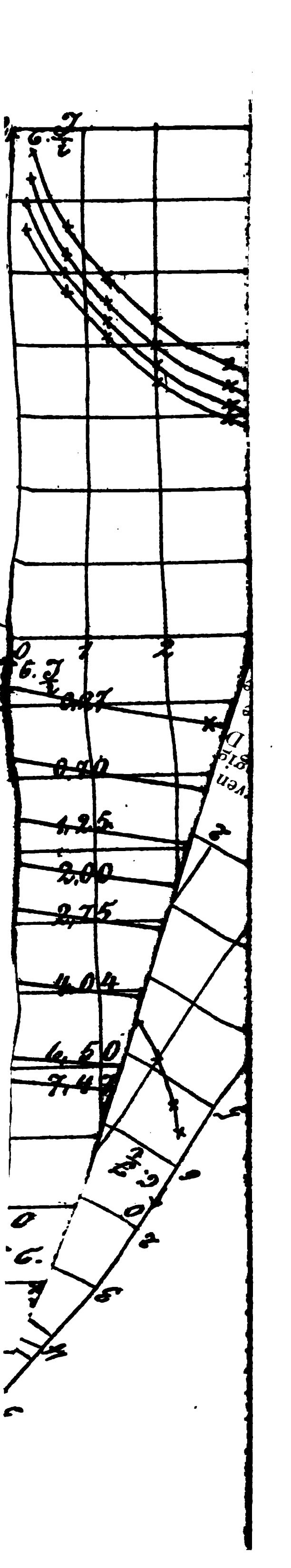
Druck	$10\frac{J}{i}$ (für $i =$ ca. $692 \cdot 10^{-6}$ A.)
8.0	5.71—2.92 = 2.79
7.0	5.87—3.06 = 2.81
6.0	6.34—3.27 = 3.07
5.0	6.74—3.46 = 3.28
4.0	7.22—3.72 = 3.50
3.0	7.82—4.00 = 3.82
2.0	8.60—4.32 = 4.28
1.5	9.04—4.56 = 4.48
1.0	9.62—4.85 = 4.77
0.5	10.39—5.20 = 5.19
0.3	10.81—5.32 = 5.49

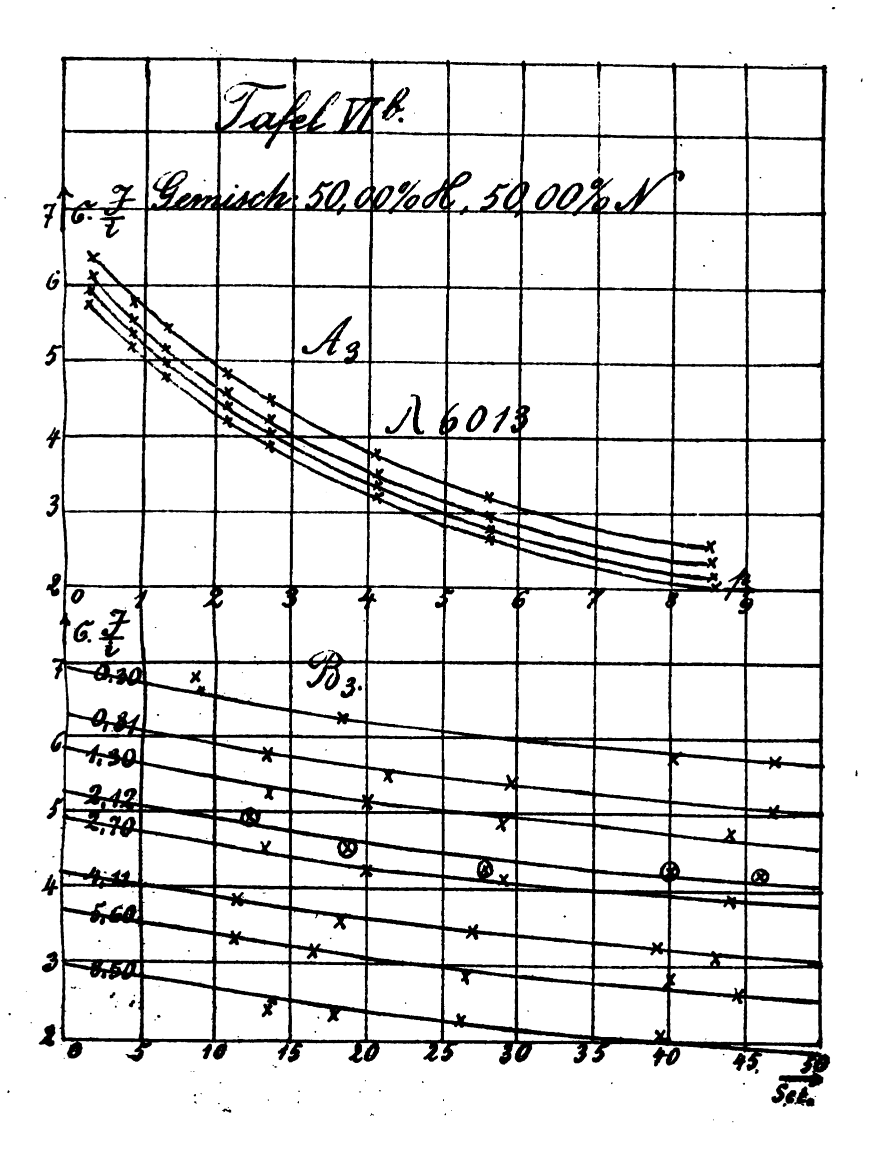
λ 6018

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$\frac{10\frac{J}{i}}{2}$
8.50	7000	841	352	4.18	12.5	2.52
	6320	554	247	4.46	22.5	2.30
		383	176	4.60	32.5	2.12
		288	136	4.72	42.5	2.00
5.60	5830	948	494	5.21	12.5	3.22
	5680	852	493	5.79	22.5	2.99
		567	313	5.52	32.5	2.80
		349	220	6.30	42.5	2.62
		240	157	6.54		
4.11	4840	916	566	6.18	12.5	3.79
	4980	831	540	6.49	22.5	3.52
		573	394	6.88	32.5	3.30
		388	275	7.09	42.5	3.15
		244	186	7.62		
2.70	4070	937	725	7.74	12.5	4.49
	3940	618	512	8.28	22.5	4.22
		425	359	8.45	32.5	4.01
		283	256	9.05	42.5	3.88
2.12	3390	974	818	8.36	12.5	4.79
	3400	853	720	8.44	22.5	4.51
		591	505	8.54	32.5	4.29
		395	359	9.09	42.5	4.11
		257	250	9.73		
1.30	2440	937	892	9.52	12.5	5.39
	2520	612	596	9.74	22.5	5.10
		426	443	10.40	32.5	4.88
		283	299	10.56	42.5	4.70
0.81	1720	990	1000	10.10	12.5	5.80
	1810	623	678	10.88	22.5	5.52
		454	498	10.97	32.5	5.30
		285	331	11.61	42.5	5.12
0.30	1200	990	1119	11.31	12.5	6.45
	1240	863	980	11.36	22.5	6.18
		390	492	12.62	32.5	5.91
		179	244	13.63	42.5	5.72

λ 5214

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$\frac{10\frac{J}{i}}{2}$
7.47	6240	974	678	6.96	12.5	4.02
	6200	847	606	7.15	22.5	3.80
		569	411	7.22	32.5	3.62
		379	304	8.02	42.5	3.49
		249	209	8.39		
5.10	5580	1017	792	7.78	12.5	4.54
	5480	831	656	7.89	22.5	4.21
		609	505	8.29	32.5	4.01
		402	340	8.46	42.5	3.82
		174	162	9.31		
4.04	5030	1033	825	7.99	12.5	4.80
	4960	668	579	8.67	22.5	4.50
		428	402	9.39	32.5	4.28
		308	291	9.45	42.5	4.10
		224	222	9.91		
2.00	3250	959	921	9.60	12.5	5.69
	3280	625	635	10.16	22.5	5.32
		431	458	10.63	32.5	5.11
		282	318	11.28	42.5	4.92
		213	248	11.64		
1.68	2820	990	1059	10.70	12.5	6.07
	2940	843	913	10.83	22.5	5.78
		558	615	11.02	32.5	5.53
		391	458	11.71	42.5	5.31
		256	326	12.73		
1.25	2340	958	1050	10.96	12.5	6.43
	2410	629	733	11.65	22.5	6.11
		423	538	12.72	32.5	5.83
		281	363	12.92	42.5	5.60
		188	245	13.03		
0.70	1580	944	1193	12.64	12.5	7.20
	1680	628	825	13.14	22.5	6.88
		421	596	14.16	32.5	6.56
		282	412	14.61	42.5	6.32
		213	319	14.98		
0.27	1030	873	1235	14.15	12.5	7.73
	1040	712	1008	14.16	22.5	7.40
		540	785	14.54	32.5	7.12
		324	507	15.65	42.5	6.90
		296	446	15.07		





Erklärung: cf. VI.[a]

UNIVE
OF
CALIFOR

H β (λ 4861)

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{\frac{J}{i}}{4}$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{\frac{J}{i}}{4}$
7.47	6300	983	917	9.32	12.5	2.79	2.00	3260	1001	1535	15.33	12.5	4.53
	6200	860	818	9.51	22.5	2.56		3280	852	1320	15.49	22.5	4.23
		593	605	10.20	32.5	2.39			580	957	16.50	32.5	4.00
		392	410	10.46	42.5	2.24			385	660	17.14	42.5	3.80
		273	303	11.10					270	481	17.81		
5.35	5480	996	1053	10.57	12.5	3.20	1.25	2340	976	1692	17.33	12.5	5.11
	5600	850	921	10.83	22.5	2.95		2440	862	1494	17.33	22.5	4.80
		541	619	11.44	32.5	2.77			639	1151	18.01	32.5	4.56
		389	458	11.77	42.5	2.60			441	850	19.29	42.5	4.32
		250	308	12.32					188	405	21.54		
4.04	4950	1027	1222	11.89	12.5	3.56	0.70	1580	1033	2020	19.56	12.5	5.67
	4960	863	1059	12.27	22.5	3.28		1680	841	1692	20.12	22.5	5.31
		588	739	12.57	32.5	3.05			553	1119	20.23	32.5	5.04
		398	532	13.37	42.5	2.88			383	835	21.80	42.5	4.82
		263	365	13.88					239	553	23.14		
2.75	3810	1022	1328	12.99	12.5	4.01	0.27	1020	1044	2224	21.30	12.5	6.20
	4000	619	891	14.39	22.5	3.74		1040	857	1768	21.12	22.5	5.86
		441	661	15.06	32.5	3.51			639	1431	22.39	32.5	5.59
		279	447	16.02	42.5	3.32			496	1151	23.21	42.5	5.33
		178	295	16.57					223	579	25.96		

In den Tafeln VIa und VIb sind die entsprechenden Kurven gezeichnet. Sie sind analog den Kurven in den Tafeln IV und V gebildet. Hα ist für die Stromstärke 692.10^{-6} Amp. dargestellt, weil die Werte der Intensität für diese Stromstärke dem späteren Vergleich mit den entsprechenden Kurven der übrigen Gemische zu Grunde gelegt werden. Hα und Hβ folgen im allgemeinen denselben Gesetzen wie in dem vorigen Gemisch. In Anbetracht der grossen Schwierigkeiten scheint mir die Genauigkeit der Resultate für Hα recht befriedigend zu sein; Hβ liess sich noch messen, ohne dass das Vergleichslicht abgeschwächt werden musste. Die zwei Banden λ 6013 und λ 5214 sind jetzt als völlig reine Stickstoffbanden anzusehen, bei ihrer Messung stört das Wasserstoffspektrum nicht, da es an diesen Stellen äusserst schwach ist. Die Intensität der beiden Banden hat gegen

vorher bedeutend zugenommen, im übrigen verhält sie sich ähnlich wie in dem vorigen Gemisch.

In derselben Weise wurden nun Messungen an dem Gemisch angestellt, in welchem ca. 75 Prozent Stickstoff enthalten waren.

Tabelle VII.

Gemisch: 24.96 % H 75.04 % N für alle Teile des Spektrums.

λ 6563 (Hα + N)							λ (6563) (N)						
p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i}$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$\frac{10\frac{J}{i}}{6.5}$
8.13	6020	973	544	5.59	12.5	6.11							
	5840	820	461	5.62	22.5	5.90							
		594	345	5.81	32.5	5.76							
		277	170	6.14	42.5	5.62							
5.51	4390	958	609	6.36	12.5	6.99	8.13	6010	671	1500	22.35	12.5	3.77
	4400	762	503	6.60	22.5	6.75		5840	507	1192	23.51	22.5	3.59
		626	413	6.60	32.5	6.59			266	627	23.57	32.5	3.43
		258	179	6.94	42.5	6.42						42.5	3.32
4.72	3900	909	612	6.73	12.5	7.35	5.51	4280	639	1639	25.65	12.5	4.20
	3890	745	524	7.03	22.5	7.13		4400	400	1097	27.42	22.5	4.00
		534	382	7.15	32.5	6.96			251	669	26.65	32.5	3.88
		192	141	7.34	42.5	6.85						42.5	3.78
4.10	3630	937	675	7.20	12.5	7.83	4.72	3900	660	1762	26.70	12.5	4.40
	3490	724	527	7.28	22.5	7.59		3890	458	1250	27.29	22.5	4.23
		447	341	7.63	32.5	7.39			302	863	28.58	32.5	4.10
		215	169	7.86	42.5	7.21						42.5	4.01
2.45	2600	856	709	8.28	12.5	8.93	4.10	3680	613	1753	28.60	12.5	4.65
	2460	731	618	8.45	22.5	8.68		3490	415	1216	29.30	22.5	4.47
		468	407	8.70	32.5	8.47			234	683	29.19	32.5	4.32
		234	209	8.93	42.5	8.30						42.5	4.23
1.44	1740	1001	926	9.25	12.5	9.96	2.45	2580	686	2229	32.49	12.5	5.28
	1800	799	749	9.37	22.5	9.70		2460	522	1769	33.89	22.5	5.10
		617	590	9.56	32.5	9.46			255	868	34.04	32.5	4.99
		304	301	9.90	42.5	9.30						42.5	4.89
0.90	1360	923	927	10.06	12.5	10.79	1.44	1730	705	2564	36.40	12.5	5.92
	1410	718	729	10.15	22.5	10.50		1800	502	1909	38.03	22.5	5.74
		532	557	10.47	32.5	10.26			383	1441	37.62	32.5	5.60
		251	272	10.84	42.5	10.07						42.5	5.50

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i}$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i} / 4$
0.58	1080	850	885	10.41	12.5	11.30	0.70	1210	596	2444	41.01	12.5	6.56
	1110	660	719	10.89	22.5	11.00		1280	447	1875	41.94	22.5	6.36
		434	481	11.08	32.5	10.78			213	901	42.30	32.5	6.22
		219	250	11.42	42.5	10.48						42.5	6.13
0.20	840	984	1113	11.31	12.5	12.30	0.30	920	628	2694	42.89	12.5	6.95
	880	681	809	11.88	22.5	12.00		960	479	2090	43.63	22.5	6.75
		477	575	12.05	32.5	11.77			319	1454	45.58	32.5	6.60
		217	270	12.44	42.5	11.56						42.5	6.50

H α (graphisch interpoliert)

Druck.	$10\frac{J}{i}$ (für i = ca. 692. 10^{-6} Amp.)
8.0	5.79—3.48 = 2.31
7.0	6.02—3.60 = 2.42
6.0	6.39—3.78 = 2.61
5.0	6.86—4.02 = 2.84
4.0	7.41—4.32 = 3.09
3.0	8.09—4.72 = 3.37
2.0	8.90—5.23 = 3.67
1.5	9.44—5.56 = 3.88
1.0	10.13—5.95 = 4.18
0.5	11.04—6.40 = 4.64
0.3	11.54—6.61 = 4.93

λ 6013 — λ 5214

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i} / 2$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i} / 2$
8.13	6020	916	465	5.08	12.5	3.00	7.00	5390	937	744	7.94	12.5	4.50
	5840	607	318	5.24	22.5	2.78		5260	841	662	7.87	22.5	4.28
		413	232	5.62	32.5	2.60			618	522	8.45	32.5	4.11
		274	158	5.77	42.5	2.49			405	378	9.33	42.5	3.99
5.51	4320	895	553	6.18	12.5	3.67	4.72	3910	916	832	9.08	12.5	5.05
	4400	596	382	6.41	22.5	3.44		3890	607	562	9.26	22.5	4.81
		394	275	6.98	32.5	3.28			409	418	10.22	32.5	4.63
		260	191	7.35	42.5	3.14			285	282	9.90	42.5	4.50
4.72	3910	959	653	6.81	12.5	4.02	3.60	3270	948	947	9.99	12.5	5.60
	3890	622	450	7.23	22.5	3.79		3160	607	635	10.46	22.5	5.35
		426	326	7.65	32.5	3.60			422	469	11.11	32.5	5.18
		270	223	8.26	42.5	3.47			268	309	11.53	42.5	5.03

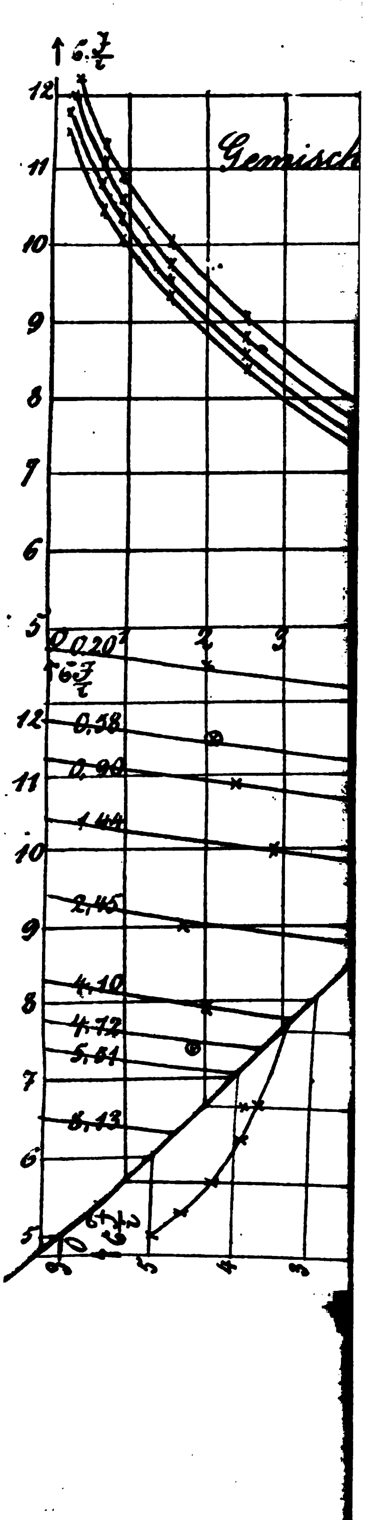
p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i}/2$
3.60	3600	937	756	8.07	12.5	4.59
	3490	628	518	8.25	22.5	4.33
		415	379	9.13	32.5	4.12
		277	258	9.31	42.5	4.00
2.45	2580	958	872	9.10	12.5	5.33
	2460	618	596	9.64	22.5	5.04
		415	433	10.43	32.5	4.79
		266	299	11.24	42.5	4.61
1.44	1730	916	943	10.30	12.5	5.91
	1800	611	637	10.43	22.5	5.61
		405	468	11.55	32.5	5.35
		266	318	11.95	42.5	5.18
0.90	1360	895	1037	11.59	12.5	6.50
	1410	570	707	12.40	22.5	6.19
		405	518	12.79	32.5	5.92
		277	353	12.74	42.5	5.70
0.58	1070	916	1125	12.28	12.5	6.90
	1110	745	931	12.50	22.5	6.59
		628	786	12.52	32.5	6.31
		405	562	13.88	42.5	6.10
0.26	850	958	1222	12.76	12.5	7.47
	880	618	853	13.80	22.5	7.08
		405	611	15.09	32.5	6.88
		287	429	14.95	42.5	6.67

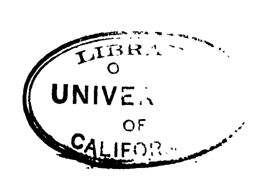
p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i}/2$
2.45	2580	937	1015	10.83	12.5	6.02
	2460	596	667	11.19	22.5	5.79
		417	505	12.11	32.5	5.62
		295	350	11.86	42.5	5.48
1.44	1740	926	1151	12.43	12.5	7.00
	1800	618	818	13.40	22.5	6.76
		415	572	13.78	32.5	6.56
		281	406	14.45	42.5	6.40
0.90	1350	894	1222	13.67	12.5	7.47
	1410	605	835	13.80	22.5	7.22
		415	615	14.82	32.5	7.02
		277	416	15.02	42.5	6.88
0.58	1090	873	1347	15.43	12.5	8.22
	1110	601	934	15.54	22.5	7.98
		405	658	16.25	32.5	7.75
		285	469	16.46	42.5	7.59
0.20	840	916	1500	16.38	12.5	9.15
	880	618	1059	17.14	22.5	8.89
		411	756	18.39	32.5	8.67
		280	526	18.79	42.5	8.48

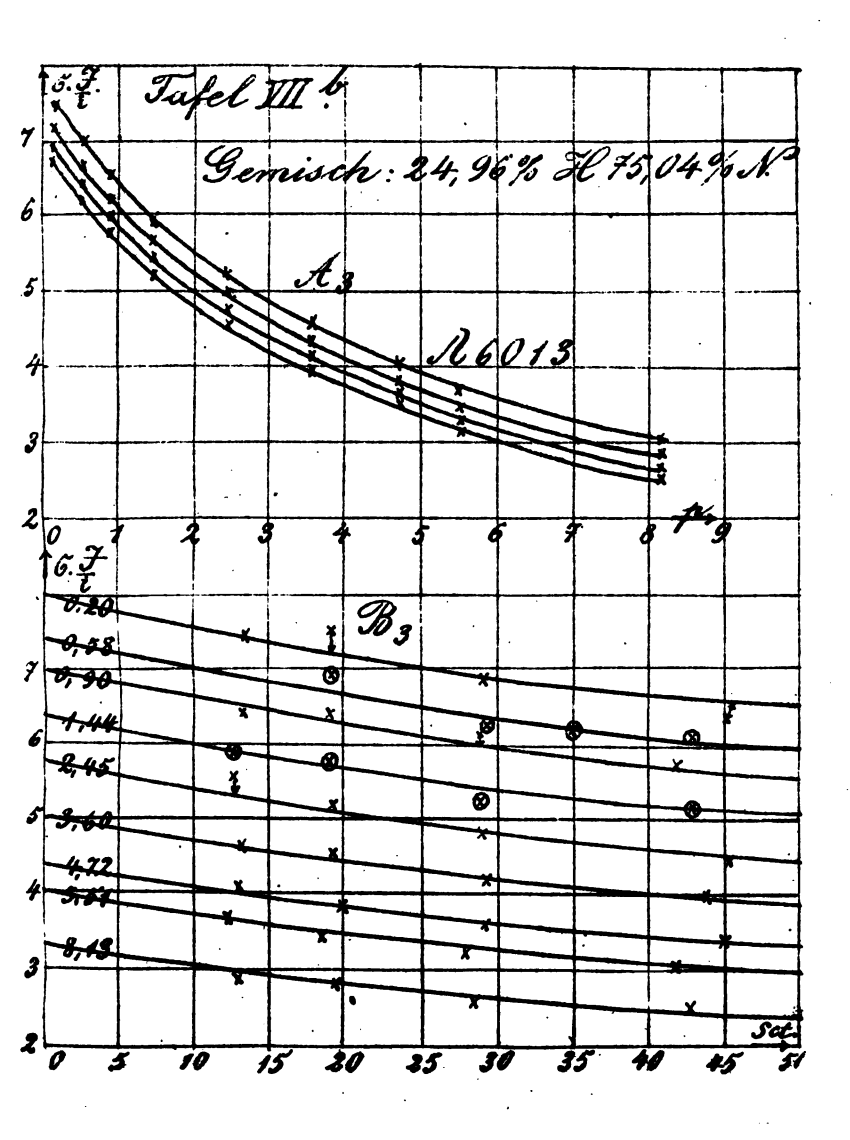
H β (λ 4861)

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct	$10\frac{J}{i}/4.6,5$
8.13	6100	948	4907	51.76	12.5	2.46
	5840	766	3991	52.10	22.5	2.24
		617	3432	55.62	32.5	2.09
		415	2418	58.27	42.5	1.97
5.51	4300	959	5954	62.19	12 5	2.83
	4400	852	5428	63.71	22.5	2.61
		618	4121	66.68	32.5	2.42
		394	2756	69.97	42.5	2.30
4.72	3820	852	5425	63.67	12.5	2.99
	3890	590	3936	66.71	22.5	2.76
		375	2683	71.55	32.5	2.59
		266	1941	72.97	42.5	2.46

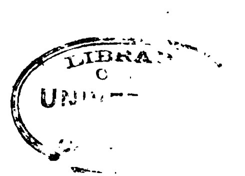
p	V		J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i}/4.6,5$
1.44	1790	618	6188	100.13	12.5	4.19
	1800	575	5870	102.09	22.5	4.00
		437	4460	102.06	32.5	3.86
		252	2751	109.17	42.5	3.76
0.90	1350	628	7102	113.09	12.5	4.70
	1410	469	5379	114.70	22.5	4.51
		223	2693	120.76	32.5	4.40
					42.5	4.30
						$10\frac{J}{i}/4$
0.58	1090	1001	1801	17.99	12.5	4.94


Gemisch
0,20
0,58
0,90
1,44
2,45
4,10
4,72
5,61
8,13





Erklärung: cf. VII.a



p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$\frac{10\frac{J}{i}}{4.6,5}$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$\frac{10\frac{J}{i}}{4}$
4.10	3680	958	6600	68.89	12.5	3.14		1110	852	1554	18.24	22.5	4.78
	3490	724	5003	69.10	22.5	2.92			617	1147	18.59	32.5	4.62
		575	4213	73.27	32.5	2.78						42.5	4.55
		249	1901	76.47	42.5	2.62	0.20	830	948	1941	20.47	12.5	5.60
2.45	2650	639	5577	87.28	12.5	3.69		880	748	1571	21.00	22.5	5.40
	2460	509	4543	89.25	22.5	3.19			601	1286	21.40	32.5	5.25
		426	3840	90.14	32.5	3.31						42.5	5.16
		236	2256	95.59	42.5	3.20							

In der bekannten Weise werden die Angaben dieser Tabelle durch Tafel VIIa und VIIb verdeutlicht. Die Linie Hβ konnte bei geringen Drucken auch ohne Abschwächung des Vergleichslichtes gemessen werden. Bei weiterer Abnahme der Intensität von Hα und Hβ und Zunahme derselben für λ 6013 und λ 5214 zeigen die Kurven einen ähnlichen Verlauf, wie in den vorigen Gemischen.

Nach Beendigung der Messungen an diesem Gemisch kam infolge Undichtwerdens eines Schlauches, der ein Quecksilberreservoir mit einem U-Rohr verband, Luft in den Apparat. Um die damit verbundene Verunreinigung zu beseitigen, war es nötig, die Geisslerröhre bis auf 200 Grad zu erhitzen; beim Abkühlen sprang sie an der Einschmelzstelle der Kathode, jedoch gelang es, den Sprung zu verschmelzen. Der Sicherheit wegen wurde eine Reihe von Beobachtungen an schon erledigten Gemischen wiederholt und ich erhielt innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler dieselben Werte, so dass also die folgenden Beobachtungsresultate mit den vorhergehenden ohne Weiteres vergleichbar sind.

Wir kommen jetzt zu dem Gemisch, in welchem nur noch ca. 10,7 Prozent Wasserstoff enthalten sind.

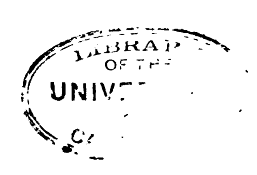


Tabelle VIII.

Gemisch: 10.67 % H 89.33 % N für alle Teile des Spektrums.

λ 6563 (Hα + N)							λ (6563) (N)						
p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{i}$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{\frac{M}{i}}{6.5}$
6.96	4600	965	578	5.90	12.5	6.48	6.96	4610	941	2385	25.34	12.5	4.30
	4510	705	437	6.20	22.5	6.29		4510	726	1963	27.04	22.5	4.13
		456	286	6.27	32.5	6.13			570	1497	26.26	32.5	4.00
		276	178	6.45	42.5	6.02						42.5	3.92
5.37	4190	939	631	6.72	12.5	7.22	5.37	4180	979	2800	28.60	12.5	4.82
	3980	739	504	6.82	22.5	7.02		3980	779	2233	28.66	22.5	4.67
		483	345	7.14	32.5	6.88			639	1920	30.05	32.5	4.52
		317	225	7.10	42.5	6.77						42.5	4.47
4.25	3450	958	707	7.38	12.5	7.87	4.25	3470	958	3017	31.48	12.5	5.20
	3460	667	501	7.51	22.5	7.67		3460	762	2441	32.03	22.5	5.03
		428	330	7.71	32.5	7.51			658	2087	31.72	32.5	4.92
		296	232	7.84	42.5	7.41						42.5	4.87
3.18	3010	911	738	8.10	12.5	8.67	3.18	3000	995	3434	34.51	12.5	5.67
	2820	692	570	8.24	22.5	8.45		2820	696	2501	35.93	22.5	5.50
		422	359	8.51	32.5	8.30			543	1929	35.52	32.5	5.41
		223	192	8.61	42.5	8.19						42.5	5.37
2.18	2300	931	819	8.80	12.5	9.50	2.18	2280	920	3466	37.67	12.5	6.27
	2200	741	682	9.20	22.5	9.26		2200	809	3161	39.07	22.5	6.11
		494	462	9.35	32.5	9.09			596	2406	40.37	32.5	6.02
		262	247	9.43	42.5	8.93						42.5	5.97
1.37	1540	950	937	9.86	12.5	10.49	1.37	1550	969	4062	41.92	12.5	6.84
	1680	775	774	9.99	22.5	10.24		1680	745	3225	43.28	22.5	6.69
		577	586	10.16	32.5	10.05			613	2606	42.51	32.5	6.57
		362	374	10.33	42.5	9.90						42.5	6.49
0.83	1160	979	1049	10.71	12.5	11.36	0.83	1150	909	4160	45.76	12.5	7.41
	1280	764	850	11.12	22.5	11.13		1280	692	3283	47.44	22.5	7.28
		511	563	11.02	32.5	10.96			575	2694	46.85	32.5	7.19
		287	325	11.32	42.5	10.80						42.5	7.10
0.50	1020	871	1035	11.88	12.5	12.27	0.50	1030	931	4720	50.70	12.5	8.12
	1060	666	783	11.76	22.5	12.03		1060	681	3456	50.75	22.5	7.99
		436	526	12.06	32.5	11.88			500	2645	52.90	32 5	7.90
		219	268	12.24	42.5	11.74						42.5	7.84
0.19	760	894	1153	12.90	12.5	13.38	0.19	740	873	4949	56.69	12.5	9.02
	760	702	925	13.18	12.5	13.17		760	711	4104	57.72	22.5	8.90
		481	630	13.10	32.5	13.01			558	3184	57.06	32.5	8.80
		258	344	13.33	42.5	12.90						42.5	8.75

Hα (graphisch interpoliert).

Druck.	$10\frac{J}{i}$ (für i = ca. 692.10⁻⁶ Amp.)
7.0	6.14 − 4.01 = 2.13
6.0	6.57 − 4.30 = 2.27
5.0	7.08 − 4.65 = 2.43
4.0	7.68 − 5.08 = 2.60
3.0	8.42 − 5.54 = 2.88
2.0	9.29 − 6.12 = 3.17
1.5	9.90 − 6.48 = 3.42
1.0	10.66 − 6.98 = 3.68
0.5	11.82 − 7.83 = 3.99
0.2	12.88 − 8.70 = 4.18

λ 6013

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{\frac{i}{2}}$
6.96	4690	873	558	6.39	12.5	3.40
	4510	618	387	6.26	22.5	3.27
		413	277	6.71	32.5	3.20
		289	193	6.68	42.5	3.12
5.37	4190	901	660	7.32	12.5	3.90
	3980	617	448	7.26	22.5	3.77
		442	330	7.47	32.5	3.69
		293	223	7.61	42.5	3.60
4.25	3440	863	702	8.13	12.5	4.30
	3460	618	495	8.01	22.5	4.17
		415	352	8.48	32.5	4.07
		285	247	8.67	42.5	4.00
3.42	3050	848	767	9.01	12.5	4.70
	3060	581	518	8.92	22.5	4.64
		405	379	9.36	32.5	4.55
		266	260	9.77	42.5	4.48
2.18	2250	852	892	10.47	12.5	5.45
	2200	607	615	10.13	22.5	5.30
		419	449	10.71	32.5	5.20
		281	308	10.96	42.5	5.11
1.37	1600	895	1031	11.52	12.5	6.12
	1680	596	690	11.58	22.5	5.99
		415	505	12.17	32.5	5.88
		270	346	12.81	42.5	5.80

λ 5214

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{J}{\frac{i}{2}}$
6.96	4580	958	818	8.54	12.5	4.90
	4510	633	586	9.25	22.5	4.70
		468	451	9.64	32.5	4.58
		302	293	9.70	42.5	4.49
5.37	4180	929	931	10.05	12.5	5.31
	3980	618	627	10.15	22.5	5.13
		447	458	10.24	32.5	5.00
		297	313	11.21	42.5	4.90
4.25	3450	903	980	10.85	12.5	5.78
	3460	602	660	10.96	22.5	5.60
		435	495	11.38	32.5	5.46
		287	330	11.50	42.5	5.36
3.42	3030	852	985	11.56	12.5	6.14
	2820	579	660	11.40	22.5	5.94
		417	493	11.82	32.5	5.80
		278	342	12.30	42.5	5.68
3.18	3090	873	1031	11.81	12.5	6.38
	2820	596	702	11.78	22.5	6.17
		411	517	12.58	32.5	6.00
		277	352	12.71	42.5	5.90
2.18	2300	905	1172	12.96	12.5	6.97
	2200	603	786	13.03	22.5	6.74
		426	582	13.66	32.5	6.60
		283	391	13.82	42.5	6.46

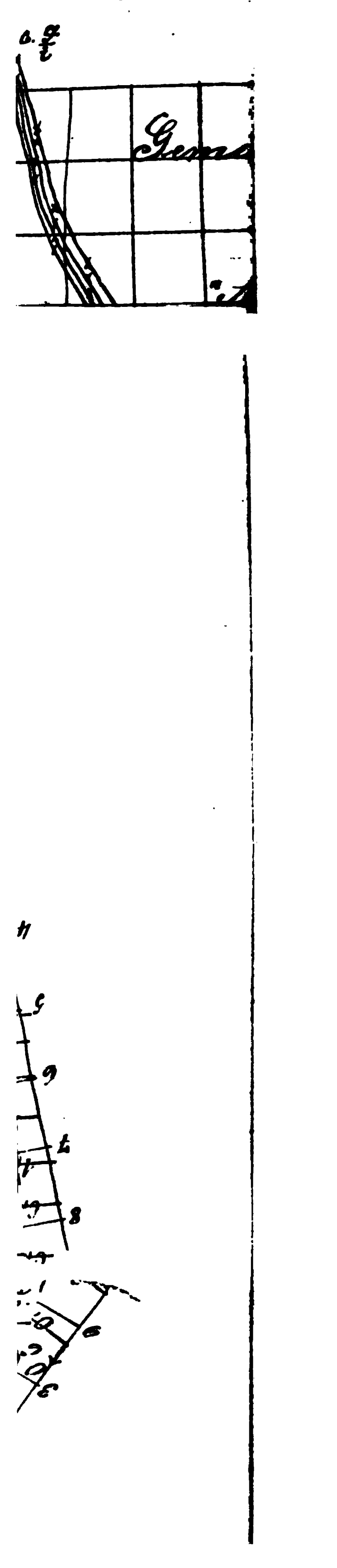
p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{\frac{J}{i}}{2}$
0.83	1170	858	1112	12.96	12.5	6.86
	1280	586	756	12.90	22.5	6.70
		409	551	13.47	32.5	6.60
		268	378	14.10	42.5	6.51
0.50	1040	863	1222	14.16	12.5	7.40
	1060	575	825	14.35	22.5	7.22
		428	615	14.37	32.5	7.10
		268	412	15.37	42.5	7.02
0.23	790	873	1303	14.93	12.5	7.81
	810	605	884	14.61	22.5	7.62
		426	647	15.19	32.5	7.50
		285	440	15.44	42.5	7.39

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{\frac{J}{i}}{2}$
1.37	1560	943	1370	14.53	12.5	7.93
	1680	830	1381	15.43	22.5	7.71
		704	1068	15.17	32.5	7.54
		410	623	15.20	42.5	7.40
0.83	1170	917	1476	16.09	12.5	8.71
	1280	790	1293	16.37	22.5	8.48
		697	1172	16.82	32.5	8.30
		370	641	17.32	42.5	8.21
0.50	1020	876	1573	17.96	12.5	9.48
	1060	725	1339	18.47	22.5	9.28
		598	1105	18.48	32.5	9.10
		320	591	18.47	42.5	9.00
0.19	760	852	1661	19.50	12.5	10.30
	760	680	1377	20.25	22.5	10.10
		420	854	20.33	32.5	9.92
		343	693	20.20	42.5	9.83

H β (λ 4861)

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{\frac{J}{i}}{4.6,5}$
6.96	4600	873	3997	45.78	12.5	2.01
	4510	650	3146	48.40	22.5	1.88
		309	1571	50.84	32.5	1.78
		207	1052	50.82	42.5	1.70
5.37	4180	860	4248	49.40	12.5	2.29
	3980	637	3374	52.96	22.5	2.11
		564	3000	53.19	32.5	2.01
		261	1489	57.05	42.5	1.92
4.25	3460	890	5090	57.19	12.5	2.53
	3460	735	4357	59.28	22.5	2.40
		362	2306	63.70	32.5	2.30
		214	1398	65.33	42.5	2.20
3.18	2990	830	5400	65.06	12.5	2.90
	2820	639	4381	68.56	22.5	2.72
		494	3469	70.22	32.5	2.60
		296	2200	74.32	42.5	2.52
2.18	2300	916	6906	75.39	12.5	3.20
	2200	758	5921	78.11	22.5	3.11
		495	3960	80.00	32.5	3.00
		285	2444	85.75	42.5	2.91

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	Sct.	$10\frac{\frac{J}{i}}{4.6,5}$
1.37	1580	863	7629	88.40	12.5	3.80
	1680	639	5819	91.07	22.5	3.65
		456	4400	96.49	32.5	3.52
		230	2273	98.83	42.5	3.47
0.83	1160	724	7153	98.80	12.5	4.16
	1280	460	4737	102.98	22.5	4.00
		319	3445	107.99	32.5	3.89
		224	2443	109.06	42.5	3.81
0.50	1030	747	7866	105.30	12.5	4.40
	1060	511	5657	110.70	22.5	4.24
		256	2977	116.29	32.5	4.13
		194	2320	119.59	42.5	4.07
0.19	750	713	7973	111.82	12.5	4.68
	760	437	5120	117.16	22.5	4.51
		340	4110	120.88	32.5	4.41
		196	2506	127.86	42.5	4.32



Tafel VIII.b

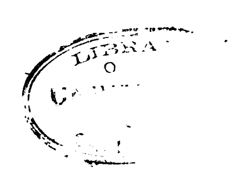
Gemisch: 10,67% H. 89,33% N

A_3

λ 6013

B_3

Erklärung: cf. VIII.a



Die Kurven in VIIIa und VIIIb, durch welche die zahlenmässigen Angaben dieser Tabelle geometrisch dargestellt werden, zeigen einen normalen Verlauf; sie sind in der gewohnten Weise gebildet.

Besonders kompliziert waren die Untersuchungen in dem letzten Gemisch, welches sich aus 1,23 % H, 98,77 % N zusammensetzte, da in diesem plötzlich das Quecksilberspektrum sehr intensiv auftrat, besonders die grüne Linie λ 5460. Alle Versuche, dasselbe durch gründliches Auspumpen des Apparates etc. zu entfernen, scheiterten. Anfangs vermutete ich, die trotz der Schutzvorrichtungen allmählich in die Geisslerröhre eindringenden Quecksilberdämpfe seien zunächst von den Elektroden absorbiert worden und aus diesem Grunde und wegen ihrer geringen Menge kaum merklich gewesen; dann aber seien die Elektroden unter den speziell vorliegenden Versuchsbedingungen (denn allgemein gibt es für Aluminium und Quecksilber keinen Sättigungszustand*) mit Quecksilber gesättigt und somit nicht mehr imstande gewesen, weitere Quecksilbermengen zu absorbieren. Diese Vermutung bestätigte sich jedoch nicht, denn wie die Untersuchung des von Herrn Dr. Berndt photographisch aufgenommenen Spektrums der Elektroden ergab, war in demselben keine Quecksilberlinie nachzuweisen. Es hatte sich nun an den Glaswänden des Apparates zwischen dem Manometer und der Schwefel-Kupferröhre ein sublimierbares Quecksilbersulfid*) niedergeschlagen. Man konnte hiernach annehmen, der Schwefel sei durch die Bindung des Quecksilbers verbraucht, und als deshalb die Röhre mit frischem Schwefel gefüllt wurde, zeigte es sich, dass dies am Rande der Schwefelröhre wirklich der Fall war, in der Mitte dagegen nicht. Da die Quecksilberdämpfe aber naturgemäss den kürzesten Weg an dem inneren Rande der Röhre entlang wählen, so hatten sie nun ungehinderten Zutritt

---

*) Die hierauf bezüglichen Angaben hat mir Herr Oberlehrer Prof. Dr. Krause freundlichst gemacht.

zur Geisslerröhre gehabt, und es ist ja allgemein bekannt, wie schwierig, wenn nicht direkt unmöglich es ist, einmal erst anwesende Quecksilberdämpfe zu entfernen. Eigentümlich und unerklärt bleibt freilich die Tatsache, dass gleich nach dem Einlassen der Gase bei diesem Gemisch die Quecksilberlinie noch nicht so stark auftrat, sondern erst nach längerer Diffusion der Gase. Nach den Untersuchungen von Lewis braucht man aber nicht zu fürchten, dass das Quecksilber schon irgend welchen bedeutenden Einfluss auf die Intensität des Spektrums ausgeübt hat; nur musste man sich beim Messen der Bande λ 5214 hüten, zu grosse Spaltbreiten zu nehmen, da sonst ihre Intensität durch das Hinzutreten der Quecksilberlinie λ 5460 vergrössert werden konnte. Ich stelle nun die Tabelle für die Beobachtungen an diesem Gemisch auf.

Tabelle IX.

Gemisch: 1.23 % H 98.77 % N für alle Teile des Spektrums.

λ 6563 (Hα + N)

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M
7.70	5710	883	532	6.03	
	5600	661	423	6.40	6.22
		407	254	6.24	
6.23	5240	916	618	6.75	
	5120	703	474	6.74	
		463	309	6.68	6.84
		382	275	7.20	
4.86	4500	988	705	7.17	
	4480	895	678	7.57	
		624	456	7.31	7.41
		447	338	7.60	
3.85	4000	927	732	7.90	
	3880	873	728	8.34	
		622	515	8.29	8.18
		447	366	8.20	
2.86	3180	863	825	9.56	
	3200	618	550	8.90	
		460	412	8.97	9.14
2.11	2610	852	876	10.28	
	2600	639	596	9.33	
		426	446	10.47	10.03

λ (6563) (N)

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{6.5}$
7.70	5780	927	3094	33.37		
	5600	760	2480	32.63		
		533	1707	32.02	32.67	5.03
6.23	5200	883	3201	36.25		
	5120	695	2426	34.90		
		403	1433	35.56	35.86	5.52
		304	1117	36.74		
4.86	4530	850	3188	37.52		
	4480	723	2912	40.27		
		465	1877	40.38	38.77	5.96
		398	1470	36.93		
3.85	4010	894	3712	41.52		
	3880	670	2868	42.81		
		503	2259	44.92	43.08	6.63
2.86	3220	824	3709	45.03		
	3200	705	3395	48.16		
		430	2106	48.98	47.39	7.29
2.11	2630	733	3722	50.78		
	2600	593	3200	53.96		
		452	2406	53.22	52.53	8.09
		378	1970	52.13		

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M
1.08	1640	820	961	11.72	
	1720	426	509	11.94	
		596	702	11.78	11.92
		380	465	12.25	
0.80	1390	873	1076	12.32	
	1480	639	825	12.91	
		564	684	12.14	12.53
		426	544	12.77	
0.48	1100	767	1100	14.34	
	1180	554	739	13.34	
		383	544	14.20	13.96
0.21	920	852	1237	14.53	
	930	426	652	15.29	
		207	328	15.85	15.22

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{6.5}$
1.08	1660	703	4181	59.47		
	1720	527	3370	63.96		
		331	2123	64.13	62.52	9.62
0.80	1400	628	4329	68.94		
	1480	503	3288	65.37		
		302	2071	68.56	66.59	10.25
		270	1714	63.50		
0.48	1110	574	4254	74.12		
	1180	443	3182	71.82		
		268	2115	78.90	75.44	11.61
		235	1807	76.90		
0.20	910	469	3754	80.05		
	930	366	3189	87.14		
		223	1849	82.92	83.37	12.83

Hα (graphisch interpoliert.)

Druck	$10\frac{J}{i}$ (für i = ca. $692 \cdot 10^{-6}$ A.)
8.0	6.12 — 4.96 = 1.16
7.0	6.46 — 5.24 = 1.22
6.0	6.86 — 5.56 = 1.30
5.0	7.40 — 6.00 = 1.40
4.0	8.12 — 6.52 = 1.60
3.0	8.99 — 7.19 = 1.80
2.0	10.13 — 8.17 = 1.96
1.5	10.94 — 8.89 = 2.05
1.0	12.03 — 9.90 = 2.13
0.5	13.72 — 11.43 = 2.29
0.2	15.25 — 12.80 = 2.45

λ 6013

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
6.23	5200	931	756	8.12		
	5120	852	690	8.10		
		660	547	8.29	8.10	4.05
		540	427	7.91		
4.86	4540	926	834	9.01		
	4480	809	715	8.84		
		671	579	8.63	8.83	4.42
3.85	4000	873	876	10.03		
	3880	724	728	10.06		
		618	615	9.95	10.01	5.00
		437	437	10.00		

λ 5214

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
7.70	5770	980	1202	12.27		
	5600	852	1005	11.80		
		666	728	10.93	11.49	5.74
		621	680	10.95		
6.23	5200	916	1172	12.79		
	5120	777	957	12.33		
		660	786	11.91	12.16	6.08
		608	705	11.60		
3.85	4000	905	1286	14.21		
	3880	628	880	14.01		
		447	665	14.88	14.37	7.18

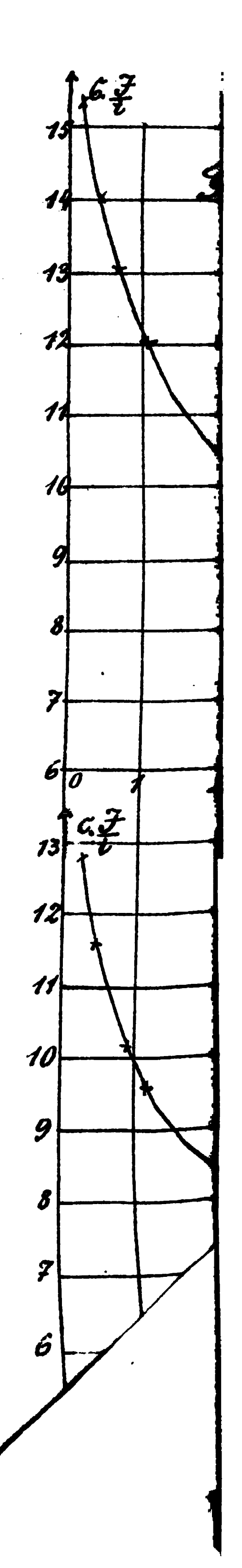
p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
2.86	3230	895	1042	11.64		
	3200	767	818	10.66	11.22	5.66
		682	786	11.53		
		618	683	11.05		
2.11	2610	916	1135	12.39		
	2600	862	1086	12.60	12.44	6.22
		724	864	11.93		
		611	786	12.86		
1.08	1660	863	1253	14.52		
	1720	788	1103	14.00	14.28	7.14
		596	853	14.31		
0.80	1420	894	1366	15.26		
	1480	732	1088	14.86	15.07	7.53
		607	900	14.83		
		433	664	15.33		
0.48	1120	910	1469	16.14		
	1180	824	1288	15.63	16.44	8.22
		697	1191	17.09		
		601	1016	16.91		
0.14	840	873	1623	18.59		
	880	630	1088	17.27	17.97	8.98
		439	811	18.47		
		309	542	17.54		

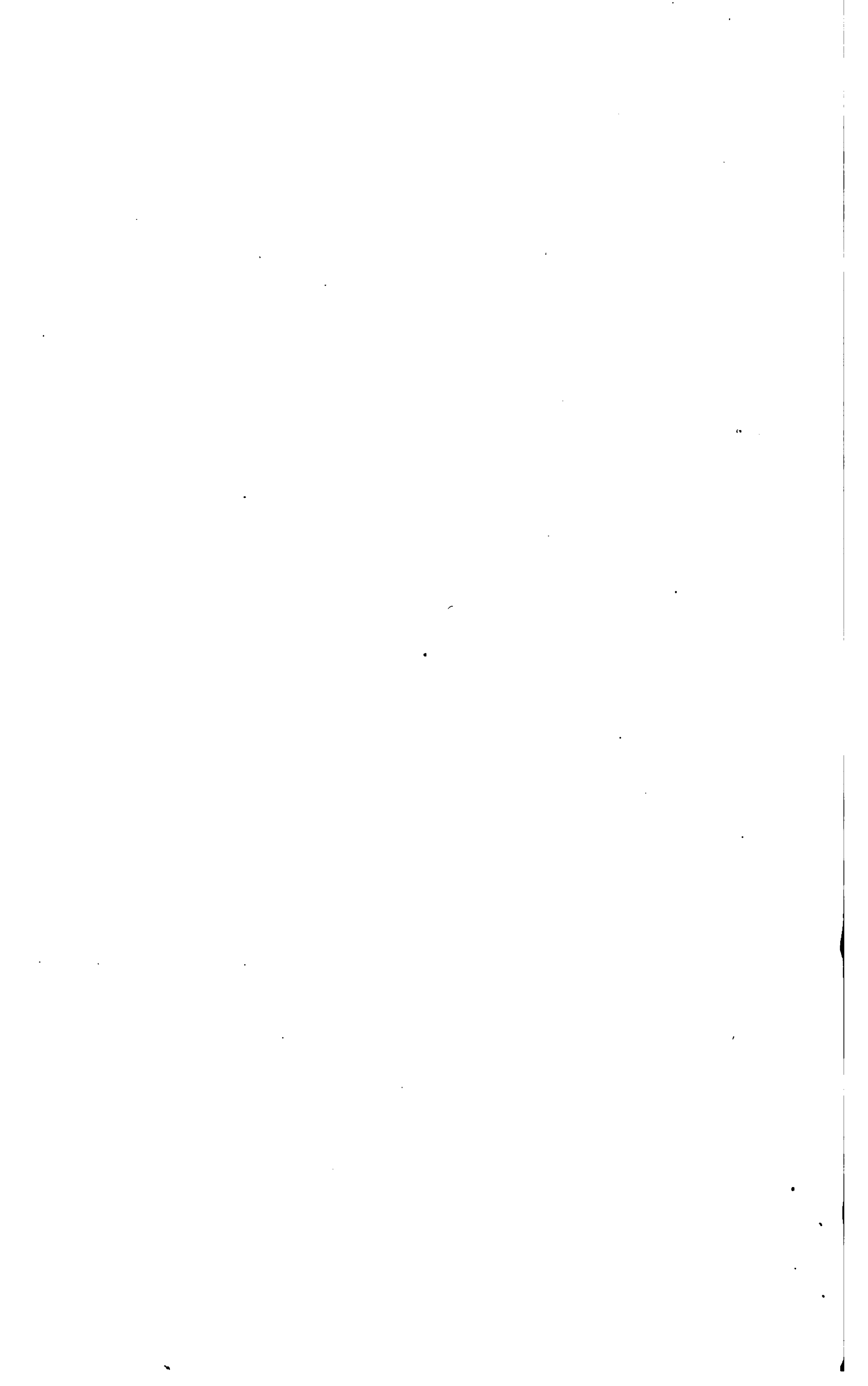
p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
2.86	3230	873	1414	16.20		
	3200	617	952	15.43	15.81	7.90
		532	840	15.79		
2.11	2630	879	1500	17.06		
	2600	739	1263	17.09	17.04	8.52
		607	1031	16.98		
1.08	1660	852	1678	19.69		
	1720	447	842	18.84	19.81	9.90
		258	540	20.93		
		213	421	19.77		
0.80	1410	852	1800	21.13		
	1480	601	1215	20.22	20.55	10.27
		437	892	20.41		
		298	609	20.44		
0.48	1120	917	1921	20.95		
	1180	809	1843	22.78	22.19	11.09
		396	875	22.10		
		234	537	22.95		
0.14	830	846	1951	23.06		
	880	720	1692	23.50	24.00	12.00
		340	865	25.44		

Hβ (λ 4861)

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$
7.70	5780	893	2461	27.56
	5600	703	2132	30.33
		490	1452	29.63
6.23	5200	852	2640	30.98
	5120	649	1921	29.60
		513	1636	31.89
4.86	4530	777	2789	35.88
	4480	532	1767	33.21
		391	1394	35.38
3.85	4010	809	3194	39.48
	3880	674	2415	35.83
		425	1636	38.49
2.86	3220	777	3600	46.33
	3200	521	2303	44.20
		394	1722	43.71

p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$
2.11	2630	724	3808	52.59
	2600	473	2303	48.69
		394	1922	48.78
1.08	1650	660	3808	57.69
	1720	458	2640	57.18
		328	1941	59.18
0.80	1410	681	4125	60.57
	1480	490	3000	61.22
		319	2062	64.64
0.48	1180	724	4714	65.11
	1180	351	2357	67.15
		321	2129	66.32
0.20	910	671	5077	75.67
	920	511	3667	71.76
		332	2475	74.55
0.07	740	539	4213	78.14
	800	264	2084	78.94


15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
0
1
13
12
11
10
9
8
7
6

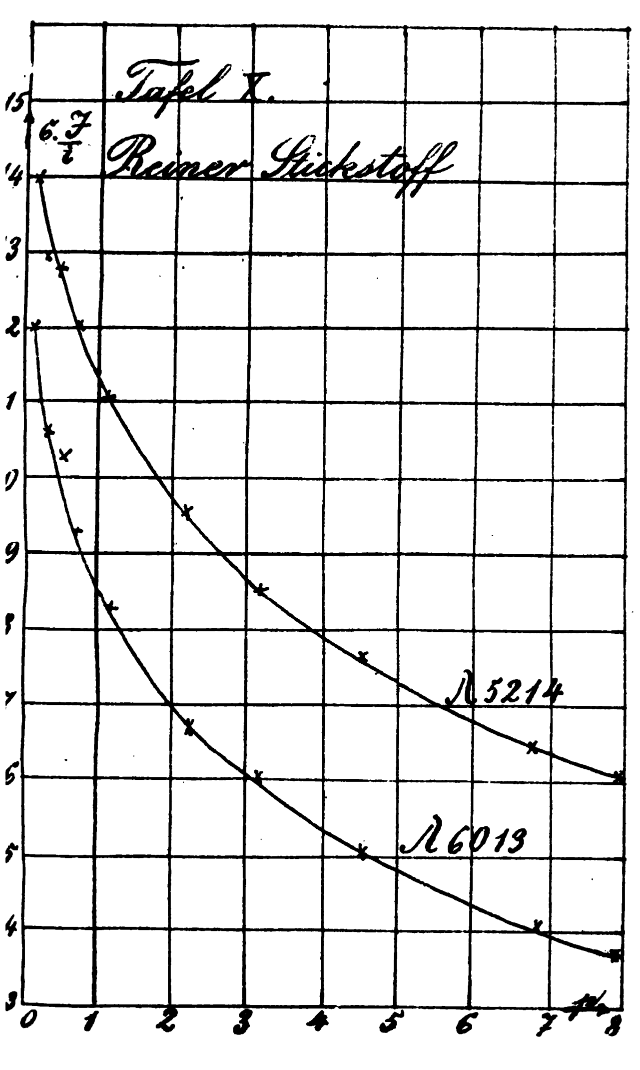


Ich habe es absichtlich unterlassen, für Hβ die Mittelwerte von $10. \frac{\frac{J}{i}}{4.6,5}$ anzugeben, denn es ist aus den Zahlenangaben nicht mit Sicherheit heraus zu lesen, ob die Helligkeit dieser Linie wirklich wieder proportional der Stromstärke ist; auf Grund theoretischer Überlegungen und nach dem sonstigen Verhalten der Spektrallinien in den einzelnen Gemischen muss man vielmehr annehmen, dass dies nicht der Fall sei. Auch aus der scheinbaren Proportionalität bei der Linie Hα in diesem Gemisch darf man keine voreiligen Schlüsse ziehen, denn es war ja nicht möglich, Hα direkt zu messen, und es ist sehr natürlich, dass gegenüber der grossen Intensität des Stickstoffs, die an der Stelle λ 6563 mitgemessen wurde, und die der Stromstärke proportional war, die Unproportionalität der Linie des Wasserstoffs bei seiner verschwindend kleinen Menge nicht mehr konstatiert werden konnte. Die Absicht, die überaus schwierigen Messungen für Hβ in diesem Gemisch zu wiederholen, wurde leider vereitelt. Bei dem Versuch, das Quecksilber durch Erhitzen der Geisslerröhre und starke hindurchgeschickte Entladungen bei gleichzeitigem starken Evakuieren, aus dieser zu entfernen, platzte dieselbe nämlich. Da die bisher gefundenen Werte von der Form der Geisslerröhre stark abhängen und die Reduktion der Beobachtungen mit einer neuen Röhre auf die mit der früheren angestellten, doch zu bedeutenden Ungenauigkeiten Anlass geben kann, verzichtete ich auf weitere Untersuchungen. Das Fehlen der Beobachtungen an dem Gemisch, das sich aus ca. 3 Prozent Wasserstoff und 97 Prozent Stickstoff zusammensetzt, welche ich zum Schluss machen wollte, ist weiter nicht störend, wie wir noch aus dem Verlauf der Kurven in den Tafeln XII sehen werden. Im übrigen zeigen die Kurven in Tafel IX für sämtliche Linien unseres Gemisches einen normalen Verlauf und schliessen sich den entsprechenden in den übrigen Gemischen gut an. Für den Stickstoff herrscht wieder Proportionalität zwischen J und i.

Ich füge hier gleich die Beobachtungsresultate für den reinen Stickstoff an.

Tabelle X.

λ 6013							λ 5214						
p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$	p	V	i	J	$10\frac{J}{i}$	M	$\frac{M}{2}$
7.90	6000	900	623	6.92			7.90	6000	857	1060	12.37		
	5850	781	558	7.14	7.22	3.61		5850	598	713	11.92	12.12	6.06
		632	474	7.50					522	664	12.72		
		514	376	7.31					406	465	11.45		
6.79	5500	865	728	8.42			6.79	5500	936	1241	13.26		
	5530	660	531	8.06	8.25	4.13		5530	690	875	12.68	12.98	6.49
		431	365	8.47					554	683	12.33		
		329	266	8.07					378	514	13.60		
4.50	4650	845	900	10.65			4.50	4630	887	1308	14.75		
	4600	628	606	9.65	10.12	5.06		4600	704	1159	16.46	15.34	7.67
		426	448	10.52					631	963	15.25		
		319	308	9.66					429	639	14.90		
3.12	3550	873	1100	12.60			3.12	3620	954	1541	16.15		
	3800	623	725	11.64	12.08	6.04		3800	740	1282	17.32	16.96	8.48
		407	505	12.41					500	843	16.86		
		311	363	11.67					314	550	17.51		
2.20	3100	852	1185	13.91			2.20	3150	904	1720	19.00		
	3130	603	786	13.03	13.40	6.70		3130	651	1196	18.37	18.98	9.49
		429	586	13.66					471	878	18.64		
		301	391	12.99					340	677	19.91		
1.08	2160	810	1375	16.98			1.08	2200	973	2166	22.26		
	2160	586	934	15.94	16.68	9.34		2160	852	1851	21.72	22.02	11.01
		394	649	16.47					678	1429	21.08		
		190	329	17.32					381	877	23.02		
0.71	1600	809	1485	18.36			0.71	1680	864	2081	24.01		
	1700	607	1088	17.92	18.57	9.28		1700	751	1746	23.25	24.02	12.01
		404	753	18.64					684	1629	23.82		
		213	391	18.36					455	1134	24.92		
0.48	1200	894	1768	19.78			0.48	1310	826	2160	26.15		
	1360	426	868	20.38	20.55	10.28		1360	683	1668	24.42	25.56	12.78
		347	735	21.18					522	1301	24.92		
		217	453	20.87					275	736	26.76		
0.31	980	780	1548	19.85			0.31	1080	798	2033	25.48		
	1120	693	1407	20.30	21.23	10.61		1120	630	1622	25.75	25.81	12.90
		504	1116	22.14					458	1134	24.76		
		267	614	22.62					211	675	27.25		
0.14	770	754	1689	22.40			0.15	780	832	2278	27.38		
	840	634	1600	25.25	23.97	11.98		840	602	1632	27.11	27.97	13.99
		461	1126	24.43					434	1265	29.15		
		198	471	23.79					239	676	28.28		



Die Kurven zeigen die Abhängigkeit der Helligkeit bei konstanter Stromstärke vom Druck.
Abscisse: Der Druck in Millimetern.
Ordinate: Die Helligkeit, reduziert auf gleiche Stromstärke $\left(c \cdot \frac{J}{i}\right)$

$$c = \frac{10}{2}$$

der Druck
e Intensität
ortional der
nstärke mit
weniger als
bei der Be-
off erwähnt

Ferry und
gt worden.
ite in ihrer
nde Haupt-
ektra eines

m Gemisch
les zweiten
l Stickstoff
e Intensität
e bei kon-
konstanter
Druck und

Menge in
l Stickstoff
k die Inten-
der Strom-
ten kleiner

konstantem
konstanter
lem Druck,
ickes eine
i ganz ge-
des Poten-
tmöglichen
ung durch

4

λ 6

p	V	i	
7.90	6000	900	6
	5850	781	5
		632	4
		514	3
6.79	5500	865	7
	5530	660	5
		431	3
		329	2
4.50	4650	845	9
	4600	628	6
		426	4
		319	3
3.12	3550	873	11
	3800	623	7
		407	5
		311	3
2.20	3100	852	11
	3130	603	7
		429	5
		301	3
1.08	2160	810	13
	2160	586	9
		394	6
		190	3
0.71	1600	809	14
	1700	607	10
		404	7
		218	3
0.48	1200	894	17
	1360	426	8
		347	7
		217	4
0.31	980	780	15
	1120	693	14
		504	11
		267	6
0.14	770	754	16
	840	634	16
		461	11
		198	4

In der hierzu gehörigen Tafel X ist wieder der Druck als Abscisse, $\frac{M}{2}$ als Ordinate aufgetragen. Die Intensität beider Banden ist bei konstantem Druck proportional der Stromstärke und wächst bei konstanter Stromstärke mit abnehmendem Druck, und zwar für λ 5214 weniger als für λ 6013. Diese letztere Tatsache ist schon bei der Besprechung der Verhältnisse im reinen Wasserstoff erwähnt worden.

Für reine Gase sind also die schon von Ferry und Herrn Dr. Berndt gemachten Angaben bestätigt worden.

Fassen wir die bisher erhaltenen Resultate in ihrer Gesamtheit in's Auge, so können wir jetzt folgende Hauptgesetze über die Intensitätsverhältnisse der Spektra eines Gasgemisches aufstellen.

I. Ist ein Gas in so grosser Menge in einem Gemisch enthalten, dass im Verhältnis zu ihr die Menge des zweiten Gases nur sehr klein ist, (für Wasserstoff und Stickstoff höchstens den elften Teil beträgt) so ist die Intensität seiner Spektrallinien wie bei dem reinen Gase bei konstantem Druck proportional der Stromstärke; bei konstanter Stromstärke wächst sie mit abnehmendem Druck und zwar nicht so stark wie bei dem reinen Gase.

II. Ist dagegen ein Gas in etwas kleinerer Menge in einem Gemisch enthalten, (bei Wasserstoff und Stickstoff von ca. 90 Prozent ab) so ist bei konstantem Druck die Intensität seiner Spektrallinien nicht mehr proportional der Stromstärke, sondern $\frac{J}{i}$ ist für grössere Stromstärken kleiner als für kleinere, d. h. die Intensität wächst bei konstantem Druck langsamer als die Stromstärke. Bei konstanter Stromstärke wächst sie zunächst mit abnehmendem Druck, bleibt dann bei weiterer Abnahme des Druckes eine kleine Weile ziemlich konstant, um endlich bei ganz geringen Drucken trotz gleichzeitigen Anwachsens des Potentials wieder etwas abzunehmen. Für die kleinstmöglichen Drucke, bei denen gerade noch eine Entladung durch

die Geisslerröhre geht, ist die Intensität von der Stromstärke unabhängig, soweit wenigstens, dass zwischen $i =$ ca. 250 bis ca. 800.10^{-6} Amp. eine Intensitätszunahme nicht mehr zu konstatieren ist.

Während bei konstanter Stromstärke mit abnehmendem Druck das Potential und damit die geleistete elektrische Arbeit, die als Produkt aus Stromstärke und Potentialgefälle zu definieren ist, abnimmt, nimmt die Intensität der Spektrallinien also zu. Wir hatten aber von vornherein keine Veranlassung, eine einfache Beziehung zwischen Intensität und der elektrischen Arbeitsleistung zu erwarten: Einerseits ist nämlich die Lichterzeugung nicht die einzige Wirkung der elektrischen Arbeit, sondern es ist auch eine Wärmewirkung zu konstatieren; andererseits sind Wärme und Licht garnicht streng zu scheiden, sondern nur subjektive Empfindungen gleichzeitiger Vorgänge, so dass man höchstens die Gesamtstrahlung der geleisteten elektrischen Arbeit gleich setzen dürfte, auch dabei noch vorausgesetzt, dass nicht noch durch andere, etwa chemische Vorgänge, Energie verbraucht wird. Die Wechselwirkungen zwischen Wärme und Licht sind aber äusserst komplizierter Art, und so darf uns das gefundene Resultat nicht überraschen.

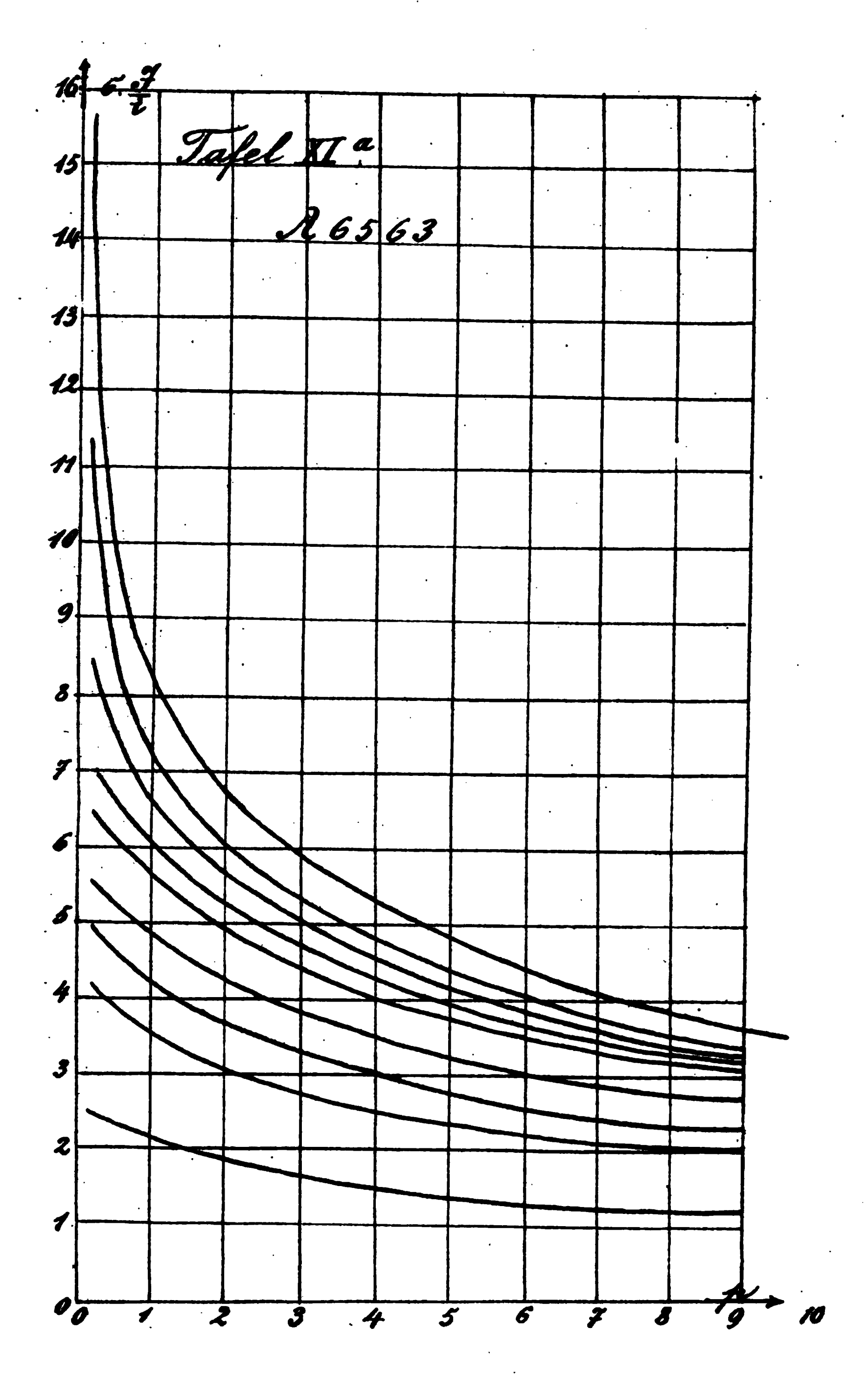
Wollte man zur Deutung unserer Resultate auf die Hypothesen der Ionentheorie zurückgreifen, so wäre folgende Überlegung zu machen: Wenn bei konstanter Stromstärke der Druck und infolgedessen das Potentialgefälle abnimmt, wächst gleichzeitig die den Ionen zur Verfügung stehende freie Weglänge und zwar so stark, dass die dadurch hervorgerufene Intensitätserhöhung die durch die Abnahme des Potentials bedingte Intensitätserniedrigung überwiegt, so dass eine Erhöhung derselben resultiert. Der freien Weglänge setzt aber die Ionentheorie die Geschwindigkeit proportional, und dieser ist die Absorbtion der Ionenenergie umgekehrt proportional; also die durch die grössere freie Weglänge der Ionen hervorgerufene Vergrösserung der kinetischen Energie derselben hat eine Abnahme der Ab-

sorption der Ionenenergie zur Folge und letztere bedingt ihrerseits wieder eine Abnahme der Intensität. Da ferner bei ganz geringen Drucken ausserdem noch die Abnahme der Ionenzahl sehr stark ist, wodurch die Wirkung der bei Verringerung des Druckes gewonnenen grösseren freien Weglänge parallelisiert, wenn nicht sogar übertroffen werden kann, so ist auch die Erscheinung erklärt, dass bei ganz geringem Druck eine Intensitätserniedrigung eintritt. Die nächste Tatsache, dass bei den kleinstmöglichen Drucken die Intensität von der Stromstärke unabhängig ist, würde dann damit zu begründen sein, dass schon bei der kleinsten verwandten Stromstärke vollständige Ionisation eintritt und die gesteigerte Stromstärke keine neuen Ionen mehr bilden kann.

Hier muss ich nun auf die schon angeführte Arbeit von Ferry eingehen. Zunächst möchte ich gleich erwähnen, dass infolge der zur Bestimmung des Mengenverhältnisses der zwei Gase von ihm angewandten Methode Fehlerquellen, insbesondere Verunreinigungen der Gase zu erwarten sind, worauf schon Herr Dr. Berndt aufmerksam gemacht hat. Auch ist es bemerkenswert, dass Ferry während des ganzen Verlaufes seiner Untersuchungen die grüne Quecksilberlinie nicht konstatiert hat, da es meines Wissens sonst nie gelungen ist, dieselbe unter den obwaltenden Verhältnissen völlig fern zu halten. Er kommt nun zu folgenden Resultaten: . . . . we conclude that when a gas is present in a mixture in large proportion, the luminosity of a line in its spectrum varies directly with the current when the pressure of the gas is constant; and also that the luminosity varies in an inverse ratio with the pressure when the current is constant. In other words, when a gas is present in a mixture in large proportion, the luminosity of its spectrum follows the same laws with respect to changes of current and gas pressure that it does when the gas is pure. The observations made on the luminosity of the gas present in but small proportion, point to departures from these laws.

With pressure constant, the luminosity then increases more slowly than the current. And with current constant, the luminosity increases at first with decrease of pressure; but after the pressure has been diminished to a certain amount, the luminosity remains nearly constant for any further decrease of pressure.

Aus den von Ferry mitgeteilten Tabellen ist ersichtlich, dass unter „large proportion“ Gasmengen bis zu 40—50 Prozent herab zu verstehen sind. Mit diesen Angaben stimmen meine Versuche nun nicht völlig überein, denn nach diesen hört die Proportionalität zwischen Intensität und Stromstärke auch schon für die Spektrallinien derjenigen Gase auf, die in bedeutend grösseren Mengen in dem Gemisch enthalten sind (von ca. 90 Prozent ab) während nach Ferry der Mangel an Proportionalität erst bei ca. 45 Prozent beginnt. Vielleicht darf ich zur Unterstützung meiner Angaben darauf hinweisen, dass ich durchweg für diese Spektrallinien bei den ganz kleinen Drucken Unabhängigkeit der Intensität von der Stromstärke konstatiert habe, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, wobei wohl ein Beobachtungsfehler ausgeschlossen ist, und diese Tatsache scheint mir doch Mangel an Proportionalität bei höheren Drucken vorauszusetzen. Nach Ferrys Tabellen ist überdies im allgemeinen (an einigen wenigen Stellen verhält es sich auch umgekehrt) der Mangel an Proportionalität für höhere Drucke stärker ausgeprägt, als für geringere, was mir schon auf Grund der theoretischen Überlegungen unwahrscheinlich erscheint. Bei ganz kleinen Drucken hat er gar keine Beobachtungen gemacht, sondern nur bis auf ca. 0,3 mm. herab. Er macht auch keine Angaben darüber, wie er die Stellen des Spektrums gemessen hat, an denen die Intensitäten des Stickstoffs und Wasserstoffs zusammenwirken; es liegt die Vermutung nahe, dass er nicht immer scharf zwischen der von dem Stickstoff- und der von dem Wasserstoffspektrum herrührenden Intensität geschieden hat. Hierfür spricht besonders eine Tatsache, auf die wir



Die Kurven zeigen die Abhängigkeit der Helligkeit bei konstanter Stromstärke vom Druck, die oberste für reinen Wasserstoff, die folgenden der Reihe nach für jedes behandelte Gemisch.

Abscisse: Der Druck in Millimetern.

Ordinate: Die Helligkeit, reduziert auf gleiche Stromstärke. (Von der vierten Kurve an $i = 692 \cdot 10^{-6}$ Amp).

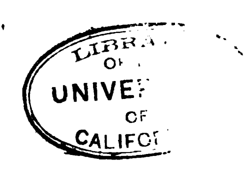
In XI^{a}: $c = 10$

bei der Besprechung der Kurven kommen werden, welche die Intensitätsabnahme der einzelnen Linien eines Gases darstellen, wenn von dem zweiten Gas allmählich immer grössere Mengen hinzugefügt werden.

Wir wenden uns jetzt der quantitativen Untersuchung der

Abnahme der Intensität der Spektrallinien

eines Gases zu, wenn ein anderes allmählich zugefügt wird. Zunächst betrachten wir die beiden Wasserstofflinien Hα und Hβ. Hierzu gehören die Tafeln XIα u. β und XIIα u. β. In den ersteren ist der Druck als Abscisse und $c.\frac{J}{i}$ als Ordinate aufgetragen und die einzelnen Kurven sind den Tafeln I bis IX entnommen. Von ihnen stellt jede die Zunahme der Intensität bei konstanter Stromstärke mit abnehmendem Druck in dem betreffenden Gemisch dar. Mit einander verglichen, ergeben sie also die Abnahme der Intensität von Hα und Hβ bei den verschiedenen Drucken, wenn dem reinen Wasserstoff allmählich Stickstoff zugesetzt wird. Für den Druck 8,0 mm. sind die Werte z. T. nur interpoliert und nicht direkt aus Beobachtungen hergeleitet, deshalb ist auf etwaiges unregelmässiges Verhalten an diesen Stellen kein besonderes Gewicht zu legen. In den Gemischen, in denen die Intensität von Hα und Hβ der Stromstärke nicht mehr proportional ist, ist der annähernde Mittelwert der meistbenutzten Stromstärken zu Grunde gelegt, das ist derjenige, welcher einem Galvanometerausschlag von 32,5 Sklt. entspricht, also ca. 692.10^{-6} Amp. In den Tafeln XIIα u. β sind als Abscissen die Prozente des zugefügten Stickstoffs, als Ordinaten wieder die Werte $c.\frac{J}{i}$ aufgetragen, und so zeigen diese Kurven anschaulich je für einen bestimmten Druck die Abnahme der Intensität der beiden Wasserstofflinien, für die verschieden grossen Zusätze von Stickstoff. Der erste kleine Zusatz schwächt die Intensität im Ver-



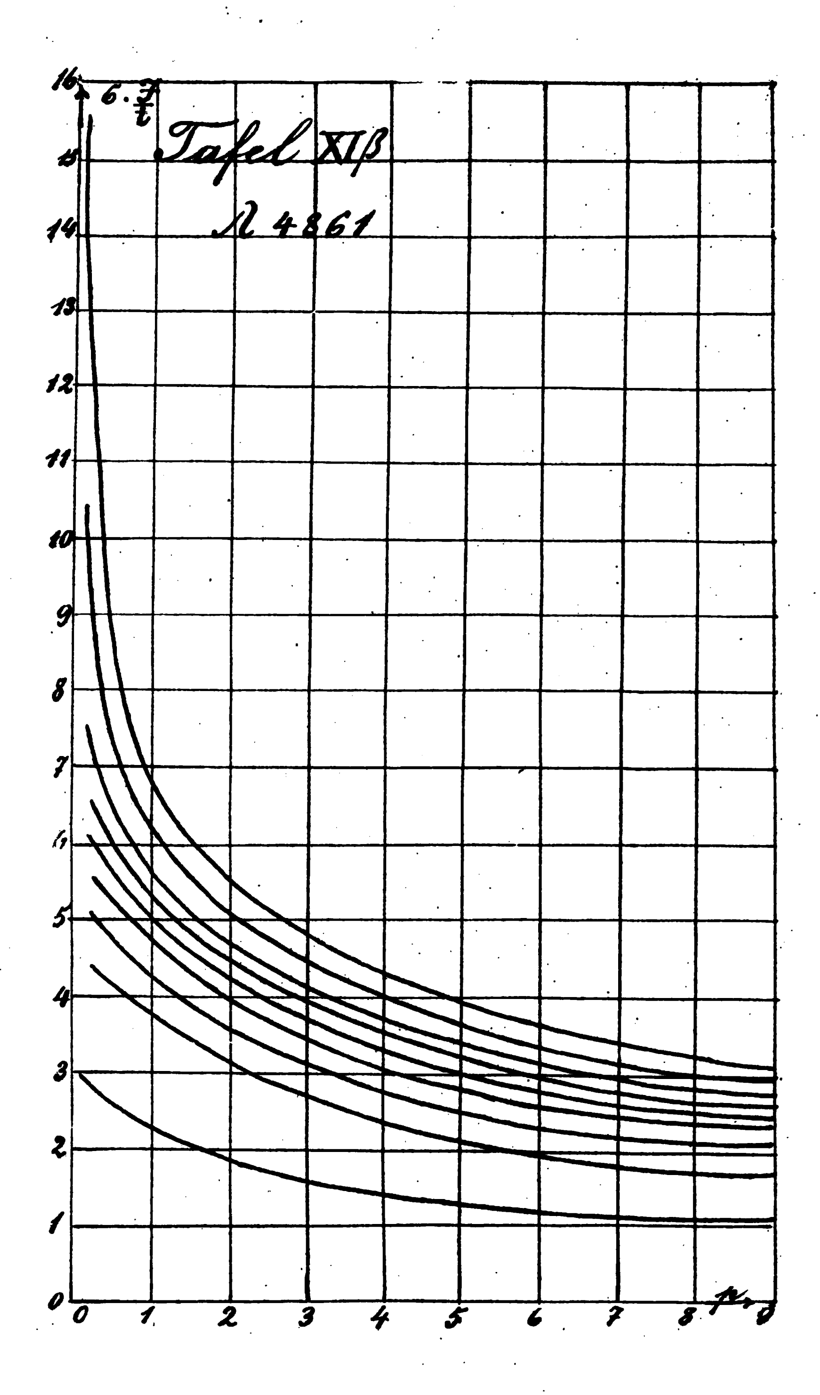
hältnis zu den folgenden Zusätzen ganz besonders stark, was ja auch sehr natürlich ist, da der Sprung von Null auf einige wenige Prozent relativ genommen doch ein sehr grosser ist. Bei Hinzufügung von 0,92 resp. 0,78 Prozent Stickstoff beträgt die Intensitätsabnahme von

Hα		Hβ	
für p = 8,0 mm. . . .	c. 7,5 %	für p = 8,0 mm. . . .	c. 6,8 %
p = 5,0 mm. . . .	8,8 %	p = 5,0 mm. . . .	7,5 %
p = 3,0 „ . . .	10,1 %	p = 3,0 „ . . .	7,7 %
p = 1,0 „ . . .	11,5 %	p = 1,0 „ . . .	9,0 %
p = 0,7 „ . . .	12,5 %	p = 0,7 „ . . .	9,7 %
p = 0,5 „ . . .	15,2 %	p = 0,5 „ . . .	13,1 %
p = 0,2 „ . . .	24,5 %	p = 0,2 „ . . .	23,0 %

Im Durchschnitt beträgt sie also für Hα für höhere Drucke ca. 10 Prozent, für geringere ca. 20 %; für Hβ bei höheren Drucken ca. 8 Prozent, bei geringen ca. 18 Prozent. Die Intensität von Hα hat also gegenüber der von Hβ für sämtliche Drucke etwas mehr abgenommen. In dem nächsten Gemisch beträgt die Abnahme gegen den reinen Wasserstoff von

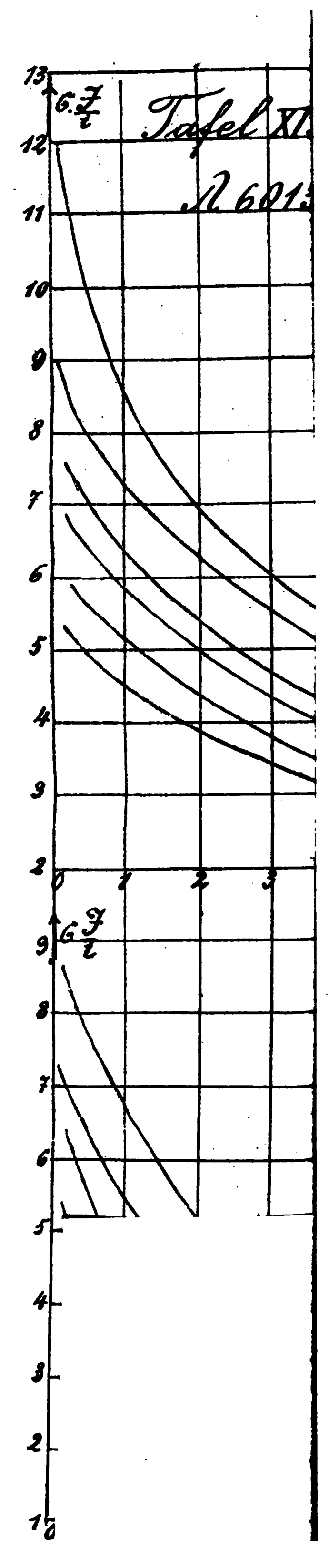
Hα		Hβ	
für p = 8,0 mm. . . .	c. 12,2 %	für p = 8,0 mm. . . .	c. 12,2 %
p = 5,0 „ . . .	14,1 %	p = 5,0 „ . . .	13,6 %
p = 3,0 „ . . .	14,7 %	p = 3,0 „ . . .	13,8 %
p = 1,0 „ . . .	18,6 %	p = 1,0 „ . . .	15,3 %
p = 0,7 „ . . .	20,3 %	p = 0,7 „ . . .	18,3 %
p = 0,5 „ . . .	24,5 %	p = 0,5 „ . . .	22,6 %
p = 0,2 „ . . .	38,9 %	p = 0,2 „ . . .	36,8 %

In ähnlicher Weise geht es für die folgenden Gemische weiter; die Kurven in den Tafeln XIIα u. β zeigen den Verlauf so anschaulich, dass ich glaube, weitere zahlenmässige Angaben unterlassen zu dürfen. Hervorheben möchte ich nur noch zwei besonders interessante Gemische, nämlich das zu 50 Prozent Wasserstoff und 50 Prozent

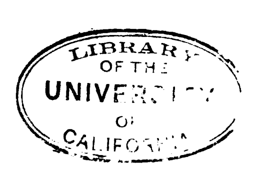


Tafel XIβ
λ 4861
6 · J/i
μ
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA



Tafel XI.
Λ 6015
$6\frac{J}{l}$
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
0
1
2
3
$6\frac{J}{l}$
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0



Stickstoff, und das zu 1,23 Prozent Wasserstoff und 98,77 Prozent Stickstoff. Bei ersterem ist hinsichtlich Hα zu bemerken, dass, wie Tafel XIα zeigt, die Intensitätsabnahme gegen das vorherige Gemisch besonders stark ist. Dieses Gemisch war das erste, bei dem Hα als die Differenz von (Hα + N) und N bestimmt wurde, also ist wohl anzunehmen, dass bei den Messungen von Hα in den früheren Gemischen die Intensität des Stickstoffs doch etwas mitgewirkt hat; allerdings kann das nur verschwindend wenig der Fall gewesen sein, wie der Verlauf der Kurven in XIIα zeigt. In diesem Gemisch erhalten wir für die Intensitätsabnahme gegen den reinen Wasserstoff folgendes Schema:

Hα		Hβ	
für p = 8,0 mm. . .	28,6 %	für p = 8,0 mm. . .	27,3 %
p = 5,0 „ . . .	32,1 %	p = 5,0 „ . . .	28,8 %
p = 3,0 „ . . .	34,1 %	p = 3,0 „ . . .	28,8 %
p = 1,0 „ . . .	40,3 %	p = 1,0 „ . . .	29,2 %
p = 0,7 „ . . .	42,6 %	p = 0,7 „ . . .	32,8 %
p = 0,5 „ . . .	46,7 %	p = 0,5 „ . . .	37,8 %
p = 0,2 „ . . .	58,8 %	p = 0,2 „ . . .	53,8 %

Bei beiden Linien hat also die Intensität für ganz geringe Drucke um mehr als die Hälfte abgenommen und zwar für Hα wieder mehr als für Hβ, für höhere Drucke bei Hα um ca. 37 Prozent im Durchschnitt, bei Hβ um ca. 31 Prozent.

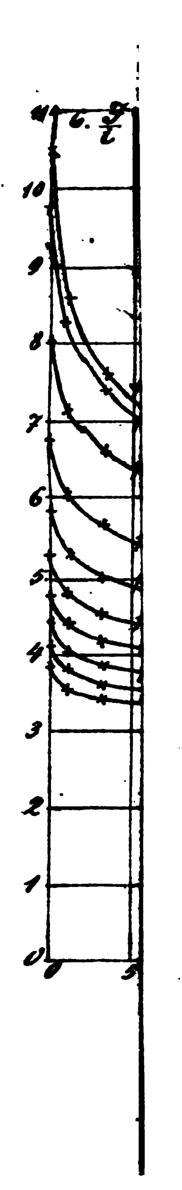
Ist nur noch 1,23 Prozent Wasserstoff in dem Gemisch vorhanden, so ist die Intensität der Wasserstofflinien naturgemäss nur noch sehr gering. Ihre Abnahme beträgt für

Hα		Hβ	
bei p = 8,0 mm. . .	68,5 %	bei p = 8,0 mm. . .	65,7 %
p = 5,0 „ . . .	69,0 %	p = 5,0 „ . . .	66,6 %
p = 3,0 „ . . .	69,9 %	p = 3,0 „ . . .	65,8 %
p = 1,0 „ . . .	73,0 %	p = 1,0 „ . . .	66,0 %
p = 0,7 „ . . .	74,1 %	p = 0,7 „ . . .	67,8 %
p = 0,5 „ . . .	78,1 %	p = 0,5 „ . . .	69,4 %
p = 0,2 „ . . .	82,0 %	p = 0,2 „ . . .	77,0 %

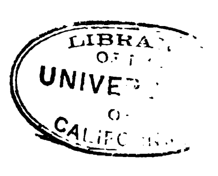
Bei dem Druck 5,0 mm. ist der Wert für Hβ etwas zu gross, was auf eine kleine Ungenauigkeit in den zu Grunde liegenden Beobachtungeu zurückzuführen ist. Dabei möchte ich noch bemerken, dass für höhere Drucke die Unterschiede im allgemeinen so geringe sind, dass auch bei der grösstenGenauigkeit, die sich bei optischen Beobachtungen überhaupt erzielen lässt, hier leicht schon merkliche Fehler auftreten können. Für Hα hat also die Intensität in diesem Gemisch bei höheren Drucken um ca. 71 Prozent abgenommen, bei geringeren Drucken um ca. 80 Prozent, während für Hβ diese Werte wieder etwas kleiner sind, nämlich ca. 66 Prozent resp. ca. 73 Prozent betragen.

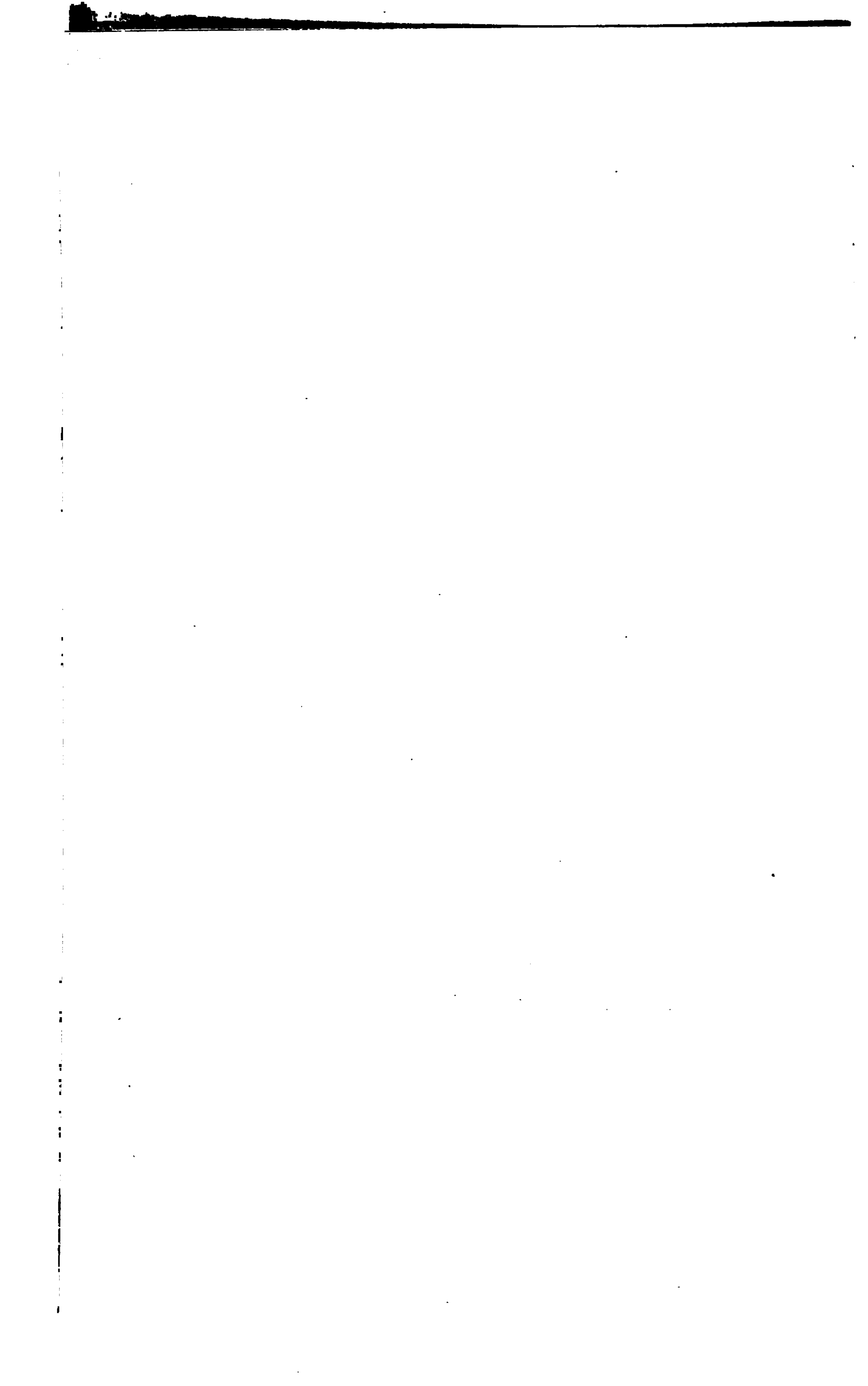
Allgemein werden wir nun auf Grund dieser speziellen Resultate sagen können: Wird zu einem Gase auch nur eine kleine Menge eines zweiten Gases hinzugefügt, so wird dadurch die Intensität der Spektrallinien des ersteren bedeutend geschwächt und zwar für Linien verschiedener Wellenlänge verschieden stark. Für die Linien grösserer Wellenlänge im allgemeinen in höherem Masse als für die kleinerer Wellenlängen und für jede Linie auch noch für verschiedene Drucke in verschiedener Weise, nämlich für geringere Drucke stärker als für höhere.

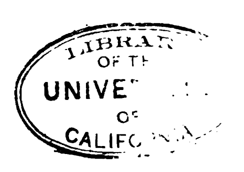
Für die Banden λ 6013 und λ 5214 des zweiten Wasserstoffspektrums stimmen diese Ergebnisse im allgemeinen nicht zu. In den Tafeln XIγ u. δ und XIIγ u. δ finden wir für diese Banden eine genau analoge Darstellung wie in den Tafeln XIα u. β und XIIα u. β für Hα und Hβ. Aus dem Verlauf der Kurven in Tafel XIγ muss man schliessen, dass bei λ 6013 bei hohen Drucken die Werte für das erste Gemisch etwas zu klein sind; (es liegt dies an der Beobachtung bei 2,16 mm. Druck, wie Tafel II zeigt) deshalb ziehe ich zur zahlenmässigen Feststellung der Intensitätsabnahme nur die beiden übrigen Gemische, in denen das zweite Wasserstoffspektrum noch messbar war, heran. Es beträgt in dem Gemisch, in welchem



Bei dem Druck 5,0 mm. ist der Wert für Hβ etwas






LIBRA
OF TH
UNIVE
O
CALIF

ca. 3 Prozent Stickstoff enthalten sind, die Intensitätsabnahme gegen den reinen Wasserstoff für

	λ 6013		λ 5214
bei p = 8,0 mm. . . .	24,8 %	bei p = 8,0 mm. . . .	17,0 %
p = 5,0 „ . . .	25,0 %	p = 5,0 „ . . .	23,6 %
p = 3,0 „ . . .	28,0 %	p = 3,0 „ . . .	27,1 %
p = 1,0 „ . . .	29,5 %	p = 1,0 „ . . .	30,6 %
p = 0,7 „ . . .	29,1 %	p = 0,7 „ . . .	30,7 %
p = 0,5 „ . . .	28,0 %	p = 0,5 „ . . .	30,6 %
p = 0,2 „ . . .	26,5 %	p = 0,2 „ . . .	30,0 %

und in dem Gemisch, in welchem ca. 11 Prozent Stickstoff enhalten sind für

	λ 6013		λ 5214
bei p = 8,0 mm. . . .	29,6 %	bei p = 8,0 mm. . . .	20,9 %
p = 5,0 „ . . .	30,0 %	p = 5,0 „ . . .	29,6 %
p = 3,0 „ . . .	34,1 %	p = 3,0 „ . . .	35,0 %
p = 1,0 „ . . .	41,8 %	p = 1,0 „ . . .	38,7 %
p = 0,7 „ . . .	41,8 %	p = 0,7 „ . . .	39,5 %
p = 0,5 „ . . .	41,8 %	p = 0,5 „ . . .	39,4 %
p = 0,2 „ . . .	39,2 %	p = 0,2 „ . . .	38,7 %

Ein Zusatz von ca. 3 Prozent Stickstoff bewirkt also für λ 6013 eine Intensitätsabnahme von ca. 26 Prozent für höhere Drucke, ca. 29 für geringere und ca. 27 für die kleinsten gemessenen Drucke. Bei einem Zusatz von ca. 11 Prozent Stickstoff stellen sich diese Werte auf ca. 31, 42, 39 Prozent. Für λ 5214 sind die entsprechenden Grössen ca. 22, 31, 30 Prozent, resp. ca. 28, 39, 38 Prozent. Wir sehen also, dass auch hier noch, im allgemeinen wenigstens, die Intensitätsabnahme für die Bande kleinerer Wellenlänge kleiner ist als für die grösserer Wellenlänge. An beiden Stellen des Spektrums erreicht die Intensitätsabnahme ihren grössten Wert nicht bei den kleinsten Drucken, sondern schon bei etwas höheren. Erst nimmt die Intensitätsabnahme mit abnehmendem Druck allmählich zu, um bei weiterer Abnahme eine kleine Weile ziemlich

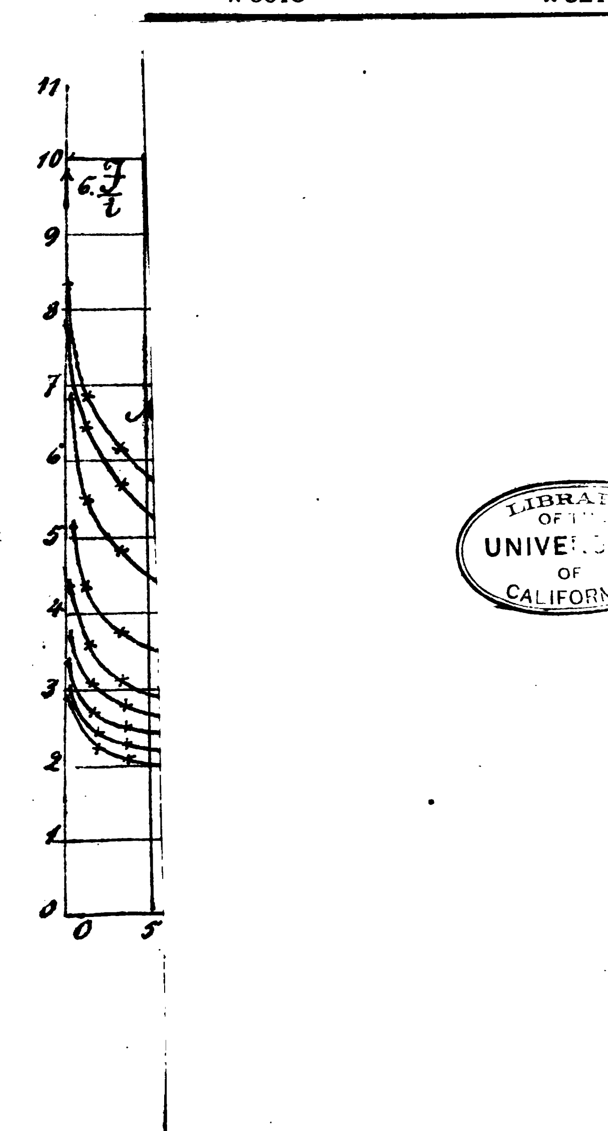
genau konstant zu bleiben und endlich für die kleinsten noch gemessenen Drucke wieder etwas abzunehmen. Ferner hat die Intensität stärker abgenommen als für sämtliche Linien des ersten Spektrums in den entsprechenden Gemischen, bis auf die Werte für ganz geringe Drucke. Letzteres kann uns nicht überraschen, da im reinen Gase die Banden des zweiten Spektrums bei der Abnahme des Druckes unter 1 mm. nicht mehr annähernd so stark wachsen als die des ersten Spektrums.

Bei den nächsten Gemischen herrschte an den Stellen λ 6013 und λ 5214 der Stickstoff vollständig vor, während das zweite Wasserstoffspektrum nur noch als schwacher kontinuierlicher Hintergrund zu konstatieren war und bald ganz verschwand. Wir haben es jetzt also mit Stickstoffbanden zu tun und werden deshalb zweckmässig wieder mit dem reinen Stickstoff beginnen, um von dort aus die Intensitätsabnahme der Stickstoffbanden bei immer grösseren Zusätzen von Wasserstoff zu verfolgen. Ich weise noch einmal kurz darauf hin, dass beim reinen Stickstoff mit abnehmendem Druck bei konstanter Stromstärke die Intensität für λ 6013 stärker wächst als für λ 5214. Komm nun 1,23 Prozent Wasserstoff hinzu, so beträgt die Intensitätsabnahme für

λ 6013		λ 5214	
bei p = 8,0 mm. . . .	6,8 %	bei p = 8,0 mm. . . .	7,0 %
p = 5,0 „ . . .	7,2 %	p = 5,0 „ . . .	9,1 %
p = 3,0 „ . . .	8,6 %	p = 3,0 „ . . .	9,9 %
p = 1,0 „ . . .	13,3 %	p = 1,0 „ . . .	11,4 %
p = 0,7 „ . . .	15,4 %	p = 0,7 „ . . .	11,7 %
p = 0,5 „ . . .	17,6 %	p = 0,5 „ . . .	12,1 %
p = 0,2 „ . . .	21,4 %	p = 0,2 „ . . .	12,5 %

Da aus diesen Werten die allgemeinen Regeln des Verlaufs noch nicht sicher zu erkennen sind, mache ich noch die entsprechenden Angaben für das Gemisch 50 % H und 50 % N. Die Intensität hat abgenommen für

λ 6013 λ 5214



abwärts bei den ersten Zusätzen von Wasserstoff die Intensitätsabnahme von λ 6013 überwiegt, zunächst sehr stark; dann findet allmählich ein Ausgleich statt, bis für

genau konstant zu bleiben und endlich für die kleinsten
[illegible] Drucke wieder etwas abzunehmen. Ferner

noch die entsprechenden Angaben für das Gemisch 50 % H und 50 % N. Die Intensität hat abgenommen für

λ 6013		λ 5214	
bei p = 8,0 mm.	um 38,1 %	bei p = 8,0 mm.	um 40,3 %
p = 5,0 „	. . . 38,3 %	p = 5,0 „	. . . 44,2 %
p = 3,0 „	. . . 37,4 %	p = 3,0 „	. . . 45,2 %
p = 1,0 „	. . . 38,8 %	p = 1,0 „	. . . 45,5 %
p = 0,7 „	. . . 40,6 %	p = 0.7 „	. . . 45,9 %
p = 0,5 „	. . . 42,0 %	p = 0,5 „	. . . 46,1 %
p = 0,2 „	. . . 45,4 %	p = 0,2 „	. . . 47,4 %

Bei λ 6013 sind die beiden Werte für die Drucke 8,0 und 5,0 mm. etwas zu gross, was also besagt, dass die entsprechende Kurve für diese Drucke etwas zu tief liegt. Ferner fällt das geringe Anwachsen der Intensitätsabnahme in dem ersten betrachteten Gemisch an der Stelle λ 5214 bei den Drucken von 1,0 mm. an abwärts auf; es wird dadurch auch der sonst geltenden Regel widersprochen, dass die Intensitätsabnahme von λ 5214 grösser ist als die von λ 6013. Um diese Tatsache zu erklären, gebe ich noch die Intensitätsabnahmen für einen der in Betracht kommenden Drucke, nämlich 0,5 mm., in den ersten vier Gemischen an. Sie beträgt für das Gemisch

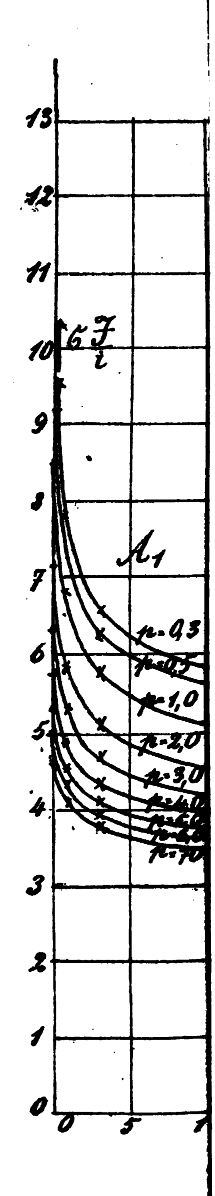
Gemisch		
1,23 % H und 98,77 % N	für λ 6013 . . .	17,6 %
	für λ 5214 . . .	12,1 %
ca. 25 % H u. ca. 75 % N	für λ 6013 . . .	34,3 %
	für λ 5214 . . .	37,0 %
ca. 11 % H u. ca. 89 % N	für λ 6013 . . .	28,2 %
	für λ 5214 . . .	27,9 %
ca. 50 % H u. ca. 50 % N	für λ 6013 . . .	42,0 %
	für λ 5214 . . .	46,1 %

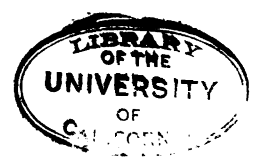
Wir erkennen eine deutlich ausgeprägte Gesetzmässigkeit der Art, dass infolge des geringen Ansteigens von λ 5214 beim reinen Stickstoff für Drucke von 1,0 mm. an abwärts bei den ersten Zusätzen von Wasserstoff die Intensitätsabnahme von λ 6013 überwiegt, zunächst sehr stark; dann findet allmählich ein Ausgleich statt, bis für

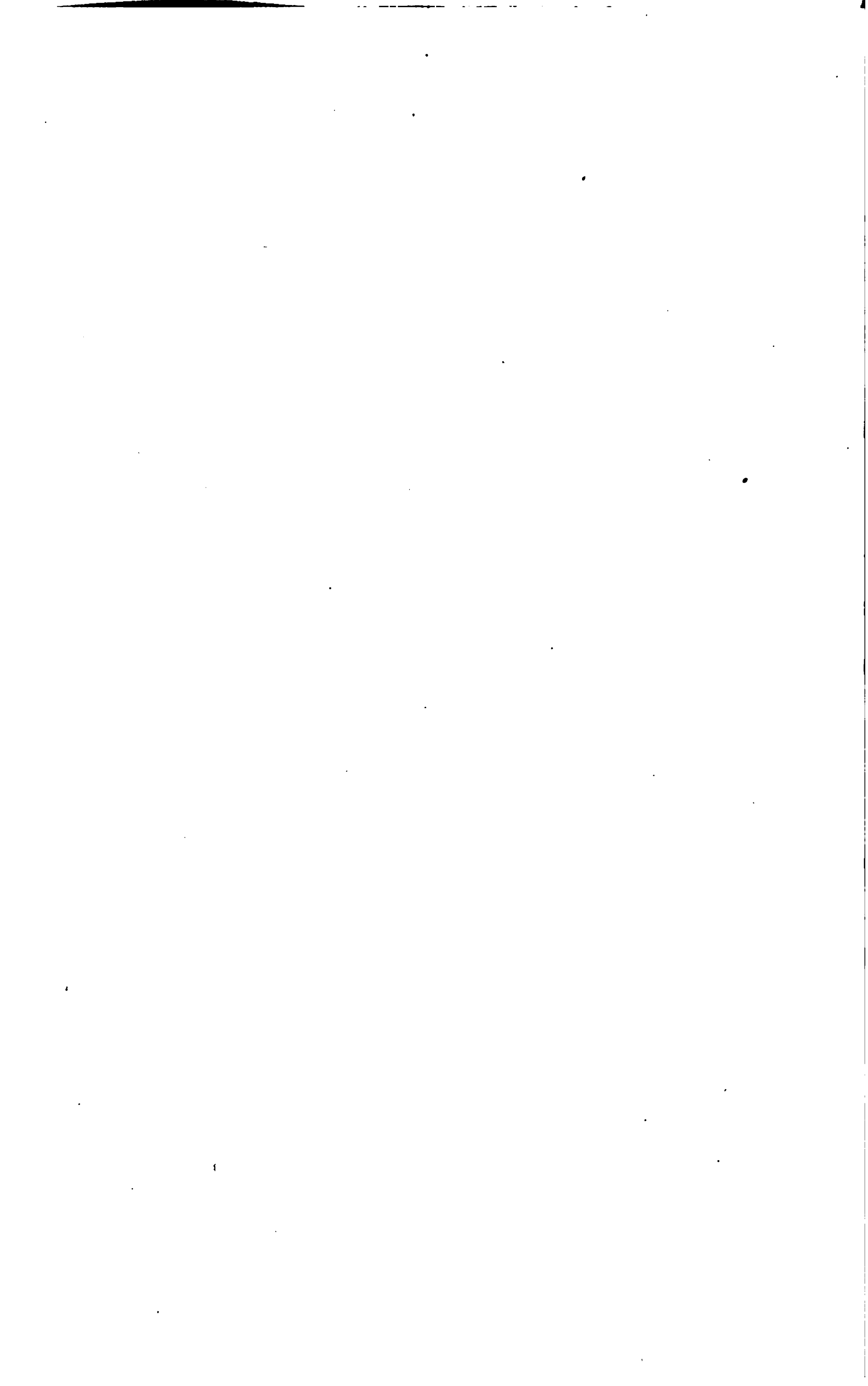
grosse Zusätze Wasserstoffs die Intensitätsabnahme von λ 5214 die grössere geworden ist. An früherer Stelle musste ich schon darauf aufmerksam machen, dass in dem Gemisch, in welchem ca. 20 Prozent Stickstoff enthalten sind, die Werte von $\frac{J}{i}$ für λ 5214 zu klein sind. Dass dem wirklich so ist und nicht vielleicht die Werte von λ 6013 in diesem Gemisch zu gross sind, zeigt der Verlauf der Kurven in Tafel XIIδ. In diesen fallen nämlich einige Werte gänzlich heraus, besonders die für das Gemisch ca. 50 % H und ca. 50 % N. Korrigiert man die Werte für das erstgenannte Gemisch entsprechend, so ist dagegen der Verlauf der Kurven als ein befriedigender zu bezeichnen. Letzteres zeigen die für einige Drucke in Tafel XIIδ gestrichelt eingezeichneten Kurven. Auch in Tafel XIδ ist die entsprechende korrigierte Kurve gestrichelt eingefügt.

Allgemein ist also auch für die Stickstoffbanden die Intensitätsabnahme gegen den reinen Stickstoff für verschiedene Drucke verschieden; mit abnehmendem Druck nimmt sie allmählich ziemlich gleichmässig zu. Für die Bande kleinerer Wellenlänge ist sie, bis auf das eben besprochene besondere Verhalten für ganz geringe Drucke, grösser als für die Bande grösserer Wellenlänge, während beim Wasserstoffspektrum das umgekehrte der Fall war. Ein Ausnahmeverhalten dieser beiden Banden haben wir ja aber schon früher festgestellt. Die Kurven in Tafel XIIγ u. δ geben ein anschauliches Bild der Intensitätsabnahme der beiden eben behandelten Banden.

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf das Verhältnis der Intensitätsabnahme von Wasserstoff und Stickstoff gegen die reinen Gase; zweckmässig wählen wir dazu das Gemisch 50 % H und 50 % N. Für die beiden Wasserstofflinien Hα und Hβ beträgt hier die Abnahme der Intensität für höhere Drucke im Durchschnitt ca. 37 % resp. ca. 31 %, während sie für ganz geringe Drucke von ca. 0,3—0,4 mm. ab für beide Linien um mehr als


13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
0
5
$6\frac{J}{i}$
A_1
p=0,3
p=1,0
p=2,0
p=3,0





die Hälfte der Intensitätswerte beim reinen Wasserstoff beträgt. Bei den Stickstoffbanden beträgt sie für λ 6013 ca. 41, für λ 5214 ca. 45 Prozent im Durchschnitt. Wir erkennen also, dass die Intensität des Stickstoffs durch den gleichen Zusatz Wasserstoffs mehr geschwächt wird, als die des Wasserstoffs durch den gleichen Zusatz von Stickstoff, bis auf die ganz geringen Drucke, was seine Erklärung in dem viel stärkeren Ansteigen der Helligkeit der Linien reinen Wasserstoffs gegenüber denen reinen Stickstoffs mit abnehmendem Drucke findet.

Fasse ich die Ergebnisse der Untersuchungen über die Intensitätsabnahme, soweit sie allgemeine Giltigkeit haben, in ihrer Gesamtheit ins Auge, so kann ich nun das dritte Hauptergebnis dieser Arbeit folgendermassen aussprechen:

III. Wird zu einem Gase auch nur eine kleine Menge eines anderen hinzugefügt, so wird dadurch die Lichtintensität des ersteren schon bedeutend geschwächt und zwar die der Teile des zweiten Spektrums im allgemeinen stärker als die der Teile des ersten; auch für die Linien verschiedener Wellenlänge in jedem Spektrum in verschiedener Weise und zwar für die grösserer Wellenlänge im allgemeinen stärker als für die kleinerer Wellenlänge, ferner auch für jede Linie bei verschiedenem Druck in ganz verschiedener Weise.

Wie schon früher hervorgehoben wurde und wie die Tafeln XII zeigen, ist die Intensitätsabnahme des Spektrums eines Gases bei dem ersten kleinen Zusatz eines anderen Gases ganz besonders stark; ebenso ist der Sprung der Intensität von Null bis zu dem nächsten Wert, wenn ein Gas zunächst nicht vorhanden ist und dann in sehr geringer Menge zugefügt wird, verhältnissmässig sehr gross. Ferry gibt nun auch in seiner Arbeit für verschiedene Stellen des Spektrums die entsprechenden Kurven an und zwar zum grössten Teil für den Stickstoff. Diese Kurven fallen, wenn zu dem reinen Stickstoff allmählich Wasserstoff hinzugesetzt wird, zunächst ungefähr geradlinig ziemlich gleichmässig

ab, machen dann aber auch durchweg, entsprechend den Resultaten der hier vorliegenden Arbeit, zur Null hin einen starken Sprung. Von letzterer Tatsache sagt Ferry, sie sei vielleicht durch Beobachtungsfehler hervorgerufen. Nach den von mir gefundenen Resultaten ist der Fehler bei Ferrys Beobachtungen aber nicht an dieser Stelle zu suchen, sondern bei den Beobachtungen an den Gemischen, in welchen der Stickstoff noch in sehr grosser Menge enthalten war. Ferry hat vielleicht, worauf ich früher schon hinwies, zwischen der vom Wasserstoff und der vom Stickstoff herrührenden Intensität nicht streng geschieden und somit für die angegebenen Stickstoffkurven in diesen Gemischen zu hohe Werte erhalten, indem er an diesen Stellen N + H gemessen hat, anstatt des reinen Stickstoffs. Ist der Fehler bei ihm also an den letztgenannten Gemischen anzunehmen, in denen erst ganz geringe Wasserstoffmengen enthalten waren, wie mir nach Vorstehendem unzweifelhaft zu sein scheint, so ergibt sich nach der entsprechenden Korrektion im Prinzip Übereinstimmung zwischen seinen und den von mir gefundenen Resultaten.

Bevor ich mich weiteren Untersuchungen zuwende, möchte ich noch darauf hinweisen, dass vorliegende Arbeit die schon von Herrn Dr. Berndt ausgesprochene Möglichkeit bestätigt, dass in einem Gemisch bei geringem Druck z. B. das Wasserstoffspektrum intensiver sein kann als das Stickstoffspektrum, während bei hohem Druck das umgekehrte der Fall ist. Es folgt dies daraus, dass in verschiedenen Gemischen die Intensitätsabnahme der Stickstoffbanden für höhere Drucke grösser ist als die der Wasserstofflinien, während es sich, relativ genommen, für kleinere Drucke umgekehrt verhält. Ich glaube, weitere ausführliche Zahlenangaben unterlassen zu dürfen, nur einen besonders einfach liegenden Fall möchte ich herausgreifen. In dem Gemisch 50 % H, 50 % N sind die aus den Kurven in XIβ u. γ entnommenen Werte der Intensität (dividiert durch die Stromstärke) für den Druck 8,0 mm.

bei Hβ 2,35, bei λ 6013 2,25, während sie für den Druck 0,3 mm. bei Hβ 5,5 bei λ 6013 5,9 betragen; das Grössenverhältnis hat sich also bei diesem Druck umgekehrt.

Von Interesse ist auch die Frage nach dem Verhältnis der Intensitäten der beiden Gase des Gemisches.

Ferry beantwortet sie dahin, dass bei konstanter Stromstärke und konstantem Druck die Intensitäten nahezu proportional dem Mengenverhältnis der beiden Gase in der Mischung seien. Jedoch zeigen die von ihm mitgeteilten Tabellen, dass diese Angaben nicht allgemein giltig, sondern insofern einzuschränken sind, als sie nur für solche Gemische gelten, in denen auch das zweite Gas schon in etwas grösserer Menge vorhanden ist. So verhalten sich für die Wasserstofflinie λ 6563 und die Stickstofflinie λ 6622 für einen Druck von 0,5 mm. die Intensitäten wie 1:8, wenn sich die Mengenverhältnisse der Gase wie 1:1 verhalten, also das Gemisch aus 50 % H und 50 % N besteht. Das Verhältnis in diesem Gemisch werde dem Vergleich zu Grunde gelegt. Nimmt man nun das Gemisch, das sich aus 95 Prozent Wasserstoff und 5 Prozent Stickstoff zusammensetzt, wo sich die Mengenverhältnisse also wie 19:1 verhalten, so ergeben sich die betreffenden Intensitätswerte für λ 6563 gleich 12,3 für λ 6622 gleich 7,7. Nach unserer vorherigen Festsetzung müssten sich die Intensitätswerte verhalten wie 19:8 oder wie 2,4:1; sie verhalten sich aber wie 2,6:1. Für noch kleinere Mengen des zweiten Gases wird die Abweichung von dem von Ferry ausgesprochenen Resultat noch grösser, so dass man also auf die Gemische, in denen das eine Gas nur in sehr kleinen Mengen enthalten ist, seine Angaben nicht anwenden darf.

Von Wasserstofflinien hat er nur λ 6563 (Hα) gemessen und diese auch nur in drei Gemischen, nämlich in denen, in welchen 5, 36, 43 Prozent Stickstoff enthalten sind. Die erste dieser drei Messungen lässt er bei Angabe der Kurven noch fort, da von den fünf dabei gemachten Beobachtungen drei noch grössere Werte für die Intensität der Linie Hα

ergeben, als die Beobachtungen bei denselben Drucken für die reine Wasserstofflinie Hα. Für das zweite Gemisch liegen nur vier und für das letzte nur zwei Beobachtungen und zwar bei den Drucken 0,39 mm. und 0,75 mm. vor, und es ist wohl etwas bedenklich, auf Grund dieser wenigen Untersuchungen so allgemeine Schlüsse zu ziehen, wie es Ferry tut; denn besonders bei dem letzterwähnten Gemisch, in welchem er nur Beobachtungen bei zwei Drucken mitteilt, fehlt so die äusserst wertvolle und bei der Schwierigkeit der Untersuchungen durchaus notwendige gegenseitige Kontrolle der einzelnen Werte an dem Verlauf der ganzen Kurve; ein kleiner Fehler in einer der angegebenen Grössen ergibt ein ganz falsches Bild von der Kurve.

Ich will nun einige wenige zahlenmässigen Angaben über das Verhalten der Intensitäten der Spektrallinien der beiden Gase eines Gemisches im Verhältnis zu ihren Mengen machen. Dabei ist vorauszuschicken, dass die Intensitäten der verschiedenen Linien und Banden von denen des Vergleichsspektrums doch verschieden gewählt waren, so dass die folgenden Betrachtungen nur relative Giltigkeit besitzen können. Wir stellen zum gegenseitigen Vergleich einerseits Hα und λ 6013, andererseits Hβ und λ 5214 zusammen und greifen den Druck 1,0 mm. heraus. Die Werte $\frac{J}{i}$ entnehme ich der Bequemlichkeit wegen direkt aus den Tafeln XII, denn dass die Intensität noch durch die Stromstärke dividiert ist, ändert ja an dem gegenseitigen Verhältnis nichts. Zu Grunde legen wir das Gemisch 50% H und 50% N. Während sich die Gasmengen hier wie 1:1 verhalten, verhalten sich die Intensitäten von Hα und λ 6013 wie 4,8:5.15 oder wie 1:1,1 und die von Hβ und λ 5214 wie 4,67:6,04 oder wie 1:1,3. Für die Gemische 20% H und 80% N, 40% H und 60% N, 60% H und 40% N, 80% H und 20% N müssten sich also, falls Ferrys Angaben sich hier bestätigen sollen, die Intensitäten von Hα und λ 6013 verhalten wie:

1:4,4, 1:1,6, 1:0,73, 1:0.26. Sie verhalten sich aber wie: 1:1,5, 1:1,2, 1:0,94, 1:0,82. Für dieselben Gemische müssten sich die Intensitäten von Hβ und λ 5214 verhalten wie:

1:5,2, 1:1,9, 1:0,87, 1:0,35. Sie verhalten sich aber wie 1:1,8, 1:1,4, 1:1,2, 1:1,03.

Wir sehen hieraus, dass wohl einmal der Fall eintreten kann, dass sich die Intensitäten der Spektrallinien der beiden Gase wie ihre Mengenverhältnisse in der Mischung verhalten, dass dies aber durchaus nicht allgemein gilt. Auch für die verschiedenen Drucke können sich die Verhältnisse ganz verschieden gestalten, so dass z. B. für einen beliebigen Druck in irgend einem Gemisch Proportionalität herrscht, während es für einen anderen Druck nicht mehr der Fall ist. Das liegt daran, dass sich die Intensitäten der einzelnen Linien mit dem Druck in ganz verschiedener Weise ändern.

Um noch einmal kurz zusammenzufassen, so kann ich das von Herrn Dr. Berndt schon auf Grund seiner qualitativen Untersuchungen ausgesprochene Ergebnis nur bestätigen, dass das Intensitätsverhältnis der Spektra zweier gemischter Gase nicht proportional ist dem Verhältnis der Partialdrucke.

Zum Schluss darf ich vielleicht auf folgende Frage noch kurz eingehen: Herr Dr. Berndt hat zum ersten Male in seiner anfangs erwähnten Arbeit den Versuch gemacht, eine systematische Erklärung für die Abhängigkeit der Intensität der Spektra reiner Gase von den verschiedenen Faktoren zu geben, und zwar werden dafür die Hypothesen der Ionentheorie zu Grunde gelegt. Dieser Deutungsversuch gipfelt in der Forderung, dass der Ausdruck

$$\frac{\frac{1}{2} J \cdot 10^5}{i \sqrt{\left[\frac{V}{p}\right]^3}}$$

proportional dem Drucke p sei, d. h. dass die Ionenzahl proportional dem Druck abnehme. Die folgende Tabelle XI

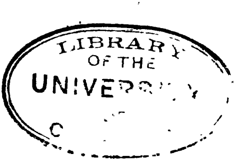
gibt nun eine Zusammenstellung dieser Werte für die vier Stellen aus dem Wasserstoffspektrum; λ 6563 und λ 4861 aus dem ersten, und λ 6013 und λ 5214 aus dem zweiten; Tabelle XII für die Stickstoffbanden λ 6013 und λ 5214. In den beiden Tabellen bedeutet p den Druck, V das Potentialgefälle, C die Grössen $\frac{J}{i}$, die für die verschiedenen Drucke aus den entsprechenden Kurven direkt entnommen sind, und endlich C′ die nach der obigen Formel berechneten Werte.

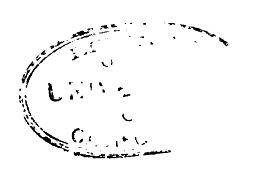
Tabelle XI. (Wasserstoff.)

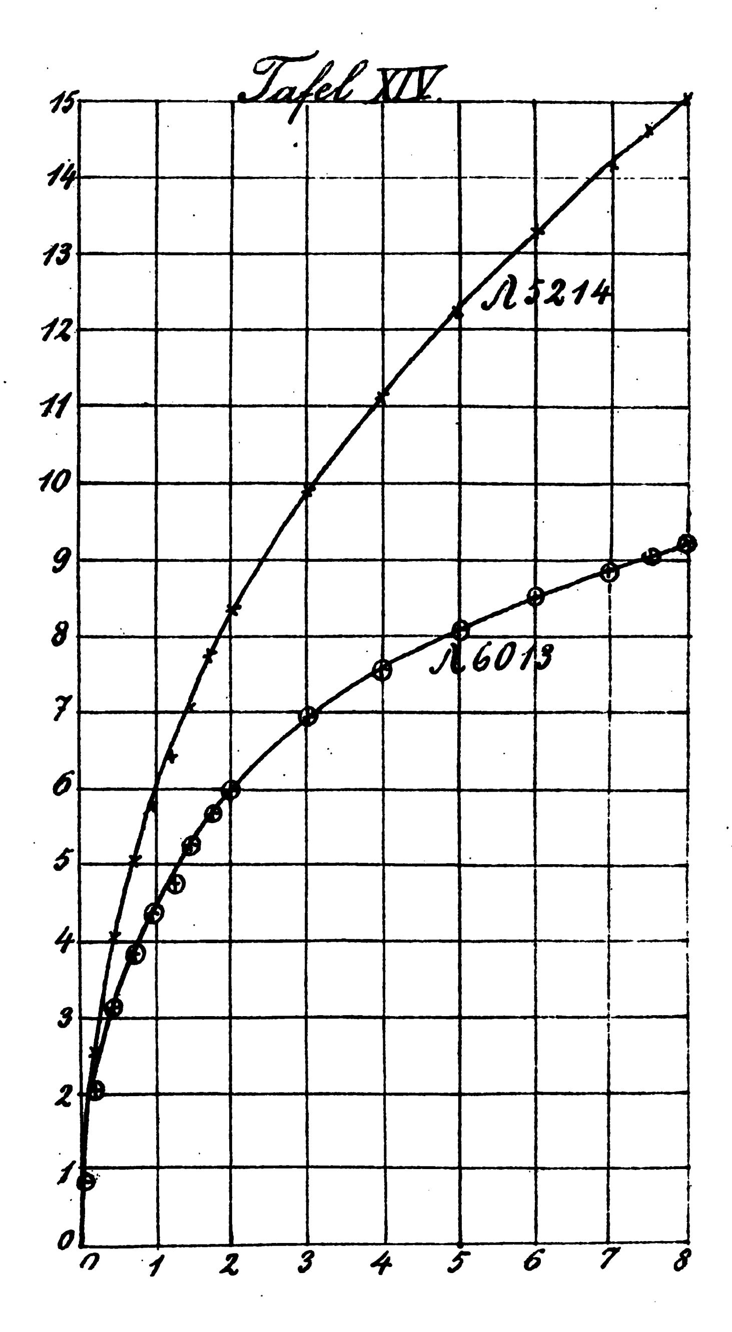
		Hα		Hβ		λ 6013		λ 5214	
p	V	C	C′	C	C′	C	C′	C	C′
8.0	4610	3.85	13.92	3.22	11.64	2.64	9.54	4.37	15.80
7.5	4480	3.98	13.68	3.33	11.40	2.70	9.25	4.49	15.38
7.0	4320	4.11	13.40	3.41	11.12	2.79	9.10	4.62	15.07
6.0	3990	4.41	12.86	3.66	10.67	2.98	8.69	4.93	14.37
5.0	3590	4.80	12.47	3.95	10.27	3.26	8.47	5.30	13.78
4.0	3150	5.29	11.97	4.32	9.77	3.64	8.23	5.76	13.03
3.0	2660	5.87	11.11	4.79	9.07	4.26	8.06	6.36	12.04
2.0	2160	6.68	9.41	5.44	7.66	5.15	7.25	7.21	10.16
1.75	2020	6.94	8.85	5.67	7.23	5.49	7.00	7.45	9.50
1.50	1880	7.24	8.16	5.93	7.04	5.86	6.59	7.74	8.72
1.25	1740	7.58	7.30	6.25	6.02	6.28	6.05	8.02	7.72
1.00	1590	8.05	6.35	6.64	5.24	6.77	5.34	8.34	6.58
0.75	1440	8.62	5.12	7.21	4.28	7.24	4.30	8.71	5.18
0.50	1250	9.75	3.90	8.40	3.36	7.80	3.12	9.11	3.64
0.25	1080	12.70	2.24	11.60	1.99	8.40	1.48	9.49	1.67
0.15	1000					8.68	0.80	9.65	0.89
0.10	970	15.00	0.78	15.20	0.78				

Tabelle XII. (Stickstoff.)

		λ 6013		λ 5214				λ 6013		λ 5214	
p	V	C	C′	C	C′	p	V	C	C′	C	C′
8.0	5890	3.68	9.21	6.02	15.07	5.0	4800	4.82	8.10	7.28	12.24
7.5	5730	3.81	9.03	6.18	14.63	4.0	4320	5.37	7.56	7.86	11.07
7.0	5580	3.98	8.84	6.36	14.13	3.0	3710	6.05	6.95	8.60	9.88
6.0	5200	4.39	8.60	6.78	13.29	2.0	3000	6.96	5.99	9.67	8.32







Erklärung: cf. Tafel XIII.

LIBRARY
OF
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA

p	V	C	C'	C	C'
1.75	2800	7.25	5.66	9.95	7.77
1.50	2610	7.56	5.21	10.31	7.10
1.25	2400	7.92	4.71	10.70	6.36
1.00	2110	8.44	4.35	11.19	5.77
0.75	1800	9.06	3.85	11.83	5.03
0.50	1440	9.81	3.17	12.51	4.05
0.25	1020	10.91	2.09	13.36	2.56
0.10	800	12.20	0.85	14.20	0.99

Ihre anschauliche Darstellung finden diese Tabellen in den Tafeln XIII und XIV, wo der Druck p als Abscisse, die Werte C' als Ordinaten aufgetragen sind. Alle Kurven sowohl für den Wasserstoff als für den Stickstoff gehen für den Druck Null durch den Nullpunkt des Koordinatensystems und erfüllen somit die gestellte Forderung. Dass sie etwas langsamer wachsen als der Druck, war deshalb zu erwarten, weil die freie Weglänge nicht genau umgekehrt proportional dem Drucke ist, wie in dem Ansatz angenommen wurde. Der sonstige Verlauf der Kurven scheint mir unwichtig zu sein, da er sich je nach der Art der Entladung in der Geisslerröhre völlig ändert. Ist z. B. für ein Druckintervall der lichtaussendende Querschnitt sehr gross, so kann dort ein Ansteigen der Kurve erfolgen, wie es auch in der Tat bei den von Herrn Dr. Berndt mitgeteilten Kurven für den Stickstoff geschieht. Auch die Helligkeit des Vergleichsspektrums kann von gewissem Einfluss sein. Obige Tatsache gibt uns auch eine Erklärung für das Verhalten der Kurven in Tafel XIII, besonders der von λ 6013, bei höheren Drucken. Dieselben machen dort eine Biegung; die von Herrn Dr. Berndt angegebene Wasserstoffkurve zeigt diese Biegung auch, nur hat er der übersichtlichen Darstellung wegen dazwischen graphisch korrigiert.

Ein Versuch, auf Grund der in dieser Arbeit mitgeteilten Untersuchungen schon eine erschöpfende systematische Erklärung für die Abhängigkeit der Intensität

der Spektra von Gasgemischen von den verschiedenen Faktoren zu geben, unter Zugrundelegung einer geeigneten Theorie, etwa der Hypothesen der Ionentheorie, scheint mir verfrüht zu sein. Man wird dazu quantitative Messungen an Gemischen, die auch aus anderen Gasen als Stickstoff und Wasserstoff gebildet sind, abwarten müssen, zumal, wie Herr Dr. Berndt hervorhebt, sich die Schwierigkeiten in der Behandlung dieser Fragen bei Gasgemischen gegenüber den reinen Gasen ganz erheblich steigern.

Resultate.

Ich stelle die Hauptergebnisse dieser Arbeit noch einmal übersichtlich zusammen:

1. Für die reinen Gase werden die von Ferry und Herrn Dr. Berndt gemachten Angaben bestätigt.
2. In Gasgemischen verhalten sich die Gase, die in so grosser Menge vorhanden sind, dass im Verhältnis zu dieser die Menge des zweiten Gases nur sehr klein ist, fast wie ein reines Gas.

2a. Die Intensität ihrer Spektrallinien ist bei konstantem Druck proportional der Stromstärke.

2b. Bei konstanter Stromstärke wächst die Intensität mit abnehmendem Druck und zwar langsamer als beim reinen Gase. Von einem bestimmten Druck an bleibt sie bei weiterer Abnahme desselben eine kleine Weile ziemlich konstant, um endlich bei ganz geringen Drucken (die nicht mehr messbar waren) wieder etwas abzunehmen.

3. In den Gemischen, in welchen auch das zweite Gas schon in etwas grösserer Menge enthalten ist, tritt das Konstantwerden der Intensität schon bei etwas höheren Drucken ein, als in den anderen Gemischen.

4a. Ist ein Gas in etwas kleinerer Menge in einem Gemisch enthalten (von ca. 90 Prozent an abwärts) so ist bei konstantem Druck die Intensität seiner Spektrallinien nicht proportional der Stromstärke, sondern wächst langsamer als diese.

4b. Bei konstanter Stromstärke wächst die Intensität mit abnehmendem Druck und verhält sich überhaupt auch bei weiterer Abnahme desselben ebenso wie bei den Gasen, die in ganz grossen Mengen in dem Gemisch enthalten sind. Bei den kleinstmöglichen Drucken tritt hier jedoch die Erscheinung hinzu, dass die Intensität von der Stromstärke ziemlich unabhängig wird.

5. Während das Potential mit abnehmendem Druck zunächst kleiner wird, bleibt es von einem bestimmten Wert des Druckes ab eine Weile ziemlich konstant, um bei noch weiterer Abnahme desselben wieder anzusteigen, zuerst sehr langsam und gleichmässig, dann mehr ruckweise und sehr stark.

6. Wird zu einem Gase auch uur eine kleine Menge eines anderen Gases hinzugefügt, so wird dadurch die Intensität des ersteren schon bedeutend geschwächt.

6a. Die Intensität des zweiten Spektrums des Wasserstoffs wird durch den Zusatz eines fremden Gases mehr geschwächt als die des ersten Spektrums.

6b. In jedem Linien - Spektrum wird die Intensität der Linien grösserer Wellenlänge im allgemeinen mehr geschwächt als die der Linien kleinerer Wellenlänge.

6c. Die Intensitätsabnahme jeder Spektrallinie gegen das reine Gas ändert sich bedeutend mit dem Druck.

7. Zuweilen strahlt bei hohem Druck das eine Gas des Gemisches die grössere Intensität aus, bei niedrigem Druck dagegen das andere.

8. Die Intensitäten der Spektra zweier gemischter Gase verhalten sich auch bei konstantem Druck nicht wie die Mengen der Gase des Gemisches.

Es sei mir zum Schluss gestattet,

Herrn Geheimrat Professor Dr. O. E. Meyer

für das freundliche Interesse, das er meiner Arbeit entgegengebracht hat, sowie die Beschaffung aller nötigen Hilfsmittel meinen besten Dank auszudrücken.

Besonders habe ich auch noch

Herrn Privatdozent Dr. **Berndt**,

der nicht nur die Anregung zu dieser Arbeit gegeben, sondern mich auch im Verlaufe derselben stets auf das freundlichste mit Rat und Tat unterstützt hat, meinen herzlichen Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich, Erich Wilhelm Waetzmann, wurde am 2. Januar 1882 in Weissensee (Kreis Meseritz) als Sohn des Pastors Robert Waetzmann geboren. Den ersten Unterricht erteilte mir mein Vater; Ostern 1895 trat ich in die Ober-Tertia des Kgl. Gymnasiums zu Nakel (Netze) ein, welches ich Ostern 1900 mit dem Zeugnis der Reife verliess. Darauf studierte ich acht Semester an den Universitäten Berlin, Marburg und Breslau Mathematik und Physik, in den ersten Semestern auch Theologie. An mathematisch-physikalischen Übungen nahm ich teil unter den Herren:

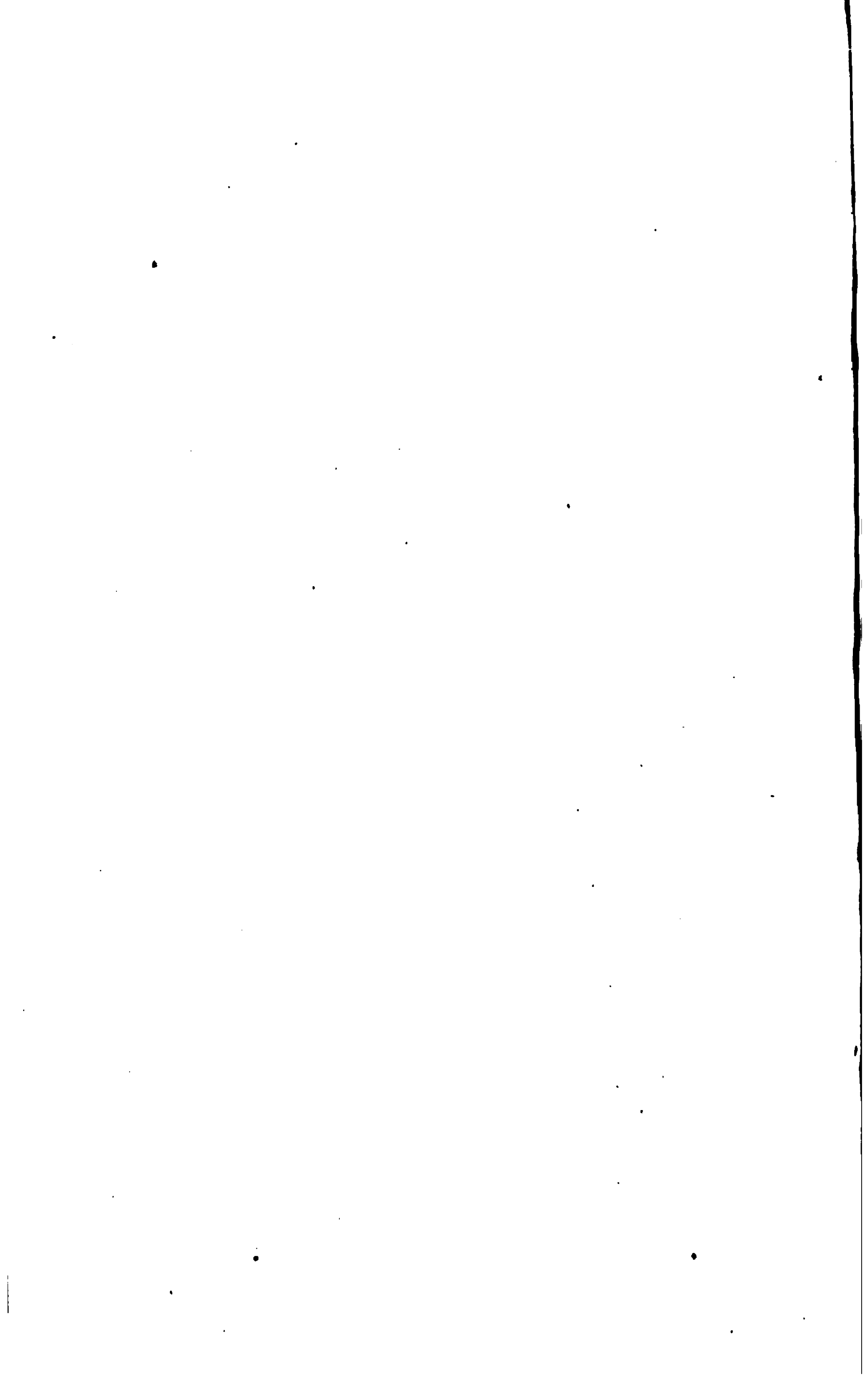
Hess (†), Lehmann-Filhés, Neumann und H. A. Schwarz; an philosophischen Übungen unter den Herren: Cohen, Ebbinghaus, Freudenthal und Natorp. Ferner arbeitete ich in Physik praktisch unter den Herren Feussner, O. E. Meyer, Neumann und Richarz.

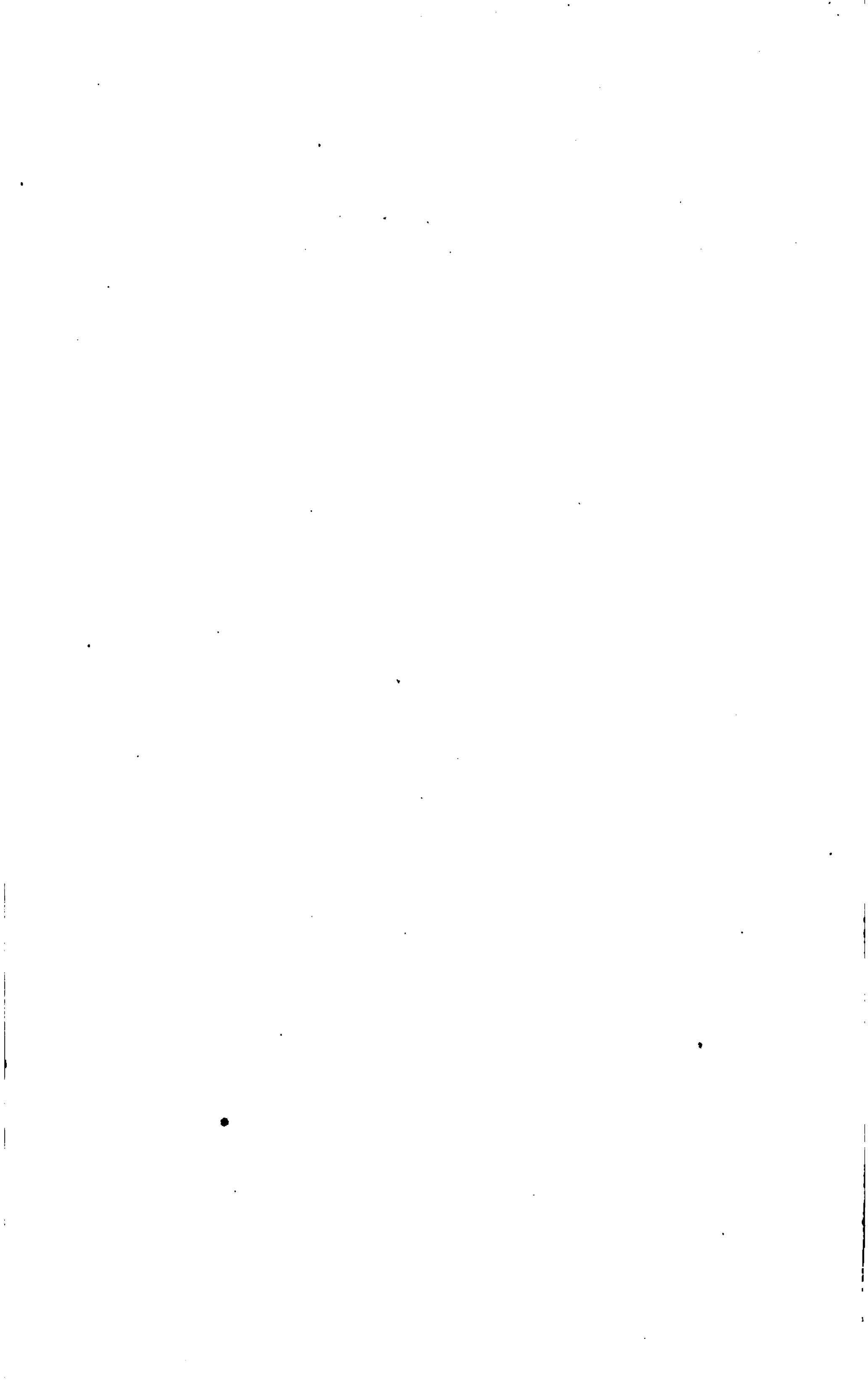
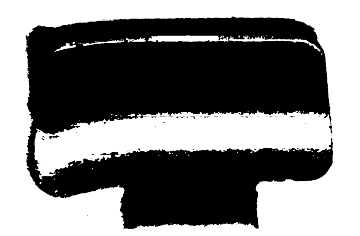
Am 24. Februar 1904 bestand ich das Rigorosum.

Allen meinen hochverehrten Herren Lehrern fühle ich mich zu aufrichtigem Danke verpflichtet.

Thesen.

1. Eine genaue spektralanalytische Erforschung der Gasgemische ist nicht nur im physikalischen Interesse wünschenswert, sondern auch die Astrophysik bedarf derselben, um die ihr gestellten Aufgaben in weiterem Umfange, als bisher, lösen zu können.
2. Die genauen Untersuchungen der elektrischen Erscheinungen in Gasen und in Gasgemischen werden erst über die Berechtigung der Anwendung der Ionentheorie auf dieses Gebiet entscheiden.
3. Der Natorp'sche Beweis dafür, dass drei Dimensionen notwendig und hinreichend sind, um einen durchgängig stetigen Zusammenhang des Raumes herzustellen, bedeutet eine wesentliche Vertiefung der erkenntnistheoretischen Grundlagen der mathematischen Physik.
4. Kant hat Recht, wenn er in der Vorrede zur „Kritik der praktischen Vernunft" sagt, aus einem Erfahrungssatze lasse sich Notwendigkeit und mit ihr wahre Allgemeinheit für ein Urteil nicht herleiten.





QC464
W3
157934